PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH
CENTRALNEGO ZARZĄDU ENERGETYKI, CENTRALNEGO ZARZĄDU PRZEMYSŁU ELEKTROTECHNICZNEGO
Redaktor inż. Tadeusz Czaplicki

Rok XXIII | Warszawa, 21 czerwca 1947 r. | Zeszyt 5/6

KRONIKA

XIX. Energia atomowa.

Jesteśmy w przede dniu oddania na użytek i pożytek ludzkości nowej i najpotężniejszej spośród poznanych dotychczas postaci energii, mianowicie energii, uwięzionej w jądrze atomu. Dziś energia atomowa jest jeszcze najstraszniejszą formą broni wojennej, jest przedmiotem międzynarodowej gry politycznej w Organizacji Narodów Zjednoczonych, lecz można chyba twierdzić, że niedaleki jest dzień, kiedy ta energia stanie się źródłem wielkich dobrodziejstw w pracy pokojowej człowieka.

W każdym razie energia atomowa nie jest dziś tylko przedmiotem badań naukowych w laboratorium fizyka, lecz jest również przedmiotem pracy techniczno-przemysłowej inżyniera, bo przecież sporządzenie nawet bomb atomowych wymaga specjalnie przystosowanych do tego celu fabryk. Fizycy wynaleźli sposób wyzwolenia energii z atomu, technicy przejmą eksploatację energii atomowej.

Według dzisiejszego stanu naszej wiedzy oczekujemy, że wyzyskanie energii atomowej do celów pokojowych w dużej skali będzie się odbywało w nowego typu elektrowni i mianowicie w nowego typu elektrowni cieplnej, że energia atomowa, a ściślej mówiąc energia wiązaniowa jądra atomowego, będzie najpierw przetwarzana w energię cieplną, a następnie z energii cieplnej będzie stosowanymi obecnie metodami przetwarzana w energię elektryczną, w tę najbardziej doskonałą i najbardziej uniwersalną postać energii użytkowej w życiu dzisiejszego człowieka.

Energia atomowa zjawia się więc nie jako zastępstwo i nie jako konkurencja energii elektrycznej, lecz jako nowe *źródło* energii elektrycznej. Dzisiejsza elektroenergetyka całkowicie zachowuje swoje obecne stanowisko, a waga jej przez pozyskanie nowego i obfitego źródła energii, dającej się przetwarzać w prąd elektryczny, raczej wzrośnie. Cały przewrót w dotychczasowej elektroenergetyce, wywołany odkryciem sposobu wyzwolenia energii wewnątrzjądrowej, polega z partykularnego punktu widzenia samej elektroenergetyki na tym, że do takich źródeł pierwotnych energii cieplnej, jak węgiel, ropa i różne roślinne odpadki palne przybywa nam energia, utajona wewnątrz atomu. Ponieważ, jak dotychczas, energię atomową wydobywa się z uranu, więc uran jest właściwym surowcem pierwotnym, analogicznym do węgla. Niekiedy nazywają go z tego powodu „paliwem atomowym" dla przyszłej elektrowni cieplnej, co jest, oczywiście, nieścisłe, gdyż energię atomową wydobywa się z uranu przecież nie na drodze spalania, rozumianego w zwykłym sensie.

Natomiast z punktu widzenia ogólnej gospodarki energetycznej człowieka na ziemi wyzwolenie energii atomowej stwarza przewrót o zgoła niezwykłej doniosłości, otwiera bowiem drogę do zaoszczędzenia węgla, którego zasoby na ziemi są jednak ograniczone, a który może być wyzyskany do innych procesów chemicznych o większym znaczeniu niż proste spalanie w celu wydobycia z niego określonej liczby kalorii, do procesów, gdzie węgiel jest wręcz niezastąpiony. Już przed kilkudziesięciu laty wielki przyrodnik W. Thomson (lord Kelvin) uważał za krótkowidztwo człowieka spalanie przez niego węgla w olbrzymich ilościach w piecach i pod kotłami w celu uzyskania ciepła i tłumaczył to lekkomyślne marnotrawstwo swych współczesnych tym, że żaden z nich nie dożyje tego momentu, kiedy człowiekowi węgla zabraknie.

Należy nadmienić, że energia atomowa, poza dostarczaniem energii elektrycznej za pośrednictwem ciepła, znajdzie w twórczej pracy pokojowej człowieka jeszcze inne zastosowania, np. jako zastępstwo materiałów kruszących, wybuchowych itp., przy budowie tuneli, dróg, przy przerzucaniu koryta rzek itd. Te burzące zdolności energii atomowej znalazły właśnie pierwsze zastosowanie praktyczne w wojnie ostatniej nad dwu miastami japońskimi.

Z wyłuszczonych wyżej względów energia atomowa jest już od dwu lat przedmiotem bliskiego zainteresowania energetyków i właśnie elektroenergetyków całego świata. Nie za wcześnie będzie, jeżeli i energetycy polscy zapoznają się bliżej z tą dziedziną. Wprawdzie nie ma u nas warunków naglących po temu, najpierw dlatego, że jeszcze jesteśmy pochłonięci dźwiganiem się ze swych straszliwych zniszczeń wojennych, które odrzuciły nas o duży kawał drogi wstecz od krajów przodujących, za którymi jeszcze przed wojną wlekliśmy się w ogonie, i mamy na razie jeszcze inne, pilniejsze zadania do spełnienia niż budowę u siebie „elektrowni atomowych", następnie dlatego, że właśnie w węgiel jako źródło energii cieplnej jesteśmy zaopatrzeni obficie w przeciwieństwie do niektórych innych krajów, które cierpią na dotkliwy brak węgla, natomiast kraj nasz posiada, jak się zdaje, dość ubogie zasoby surowców, które dziś mogą być praktycznym źródłem energii atomowej (rudy uranowe, torowe itp.).

Zapoznanie się bliższe energetyków polskich z praktycznym zastosowaniem energii atomowej ma uzasadnienie, płynące nie tylko z potrzeby zaspokojenia ciekawości fachowej, lecz również z pewnego sentymentu narodowego, bo przecież naród nasz jeszcze w mrokach najczarniejszej niewoli wydał człowieka, którego mózg przyczynił się poważnie do tego wielkiego odkrycia, od którego ludzkość oczekuje dziś dobroczynnych skutków, bo przecież Maria Skłodowska-Curie należy do tych, którzy przez swoje wstępne odkrycia utorowali drogę do wielkiej zdobyczy myśli naukowej w fizyce, jaką jest wyzwolenie energii jądra atomowego.

Praca prof. Szczeniowskiego, której pierwsza część jest podana na dalszych stronicach niniejszego zeszytu, ma być wprowadzeniem energetyków polskich w nową dziedzinę techniki energetycznej, ma być niejako ich encyklopedyjką, która w bardzo zwięzłej, lecz jasnej i przystępnej formie zapoznaje nas zarówno z podstawami teoretycznymi tej dziedziny, jak i z rozwiązaniami praktycznymi, które w dotychczasowej technice atomowej znalazły zastosowanie. Ta druga część jest na razie dość skąpa, a to dlatego, że o ile teoretyczne zasady wyzwalania energii z jądra atomu są fizykom całego świata naogół znane, o tyle właśnie praktyczne sposoby tego wyzwalania, zwłaszcza w szczegółach technicznych, są dotychczas okryte największą tajemnicą. Długo ta tajemnica utrzymać się nie da, bo skoro zasady naukowe są znane, to rozwiązań technicznych można znaleźć kilka, może nawet lepszych od ukrywanych obecnie. A zresztą przecież i w zakresie podstaw naukowych bynajmniej nie doszliśmy do kresu. Nawet sobie dziś wyobrazić nie potrafimy, jakimi dalszymi zdobyczami może nas obdarzyć pracowity wysiłek myśli badawczej człowieka w dziedzinie wyzwolenia i zużytkowania na dobro ludzkości energii, zawartej w atomie.

Praca prof. Szczeniowskiego będzie dobrym punktem wyjścia dla każdego energetyka polskiego do zapoznania się z całokształtem naszej wiedzy o energii atomowej. Atom nie jest dziś jakąś cząsteczką, która stanowi kres prostoty w budowie materii, jak to się uważało kiedyś, jeszcze przed pół wiekiem. Atom jest dziś tworem o budowie złożonej. I starszy inżynier-energetyk, który przez dłuższy okres czasu nie śledził rozwoju tego działu fizyki, będzie może oszołomiony skomplikowaną budową atomu, do której doszli fizycy z biegiem czasu. Praca prof. Szczeniowskiego znakomicie ułatwi mu ogarnięcie przedmiotu

zwłaszcza przy pomocy literatury wstępnej, poleconej przez autora.

Niezawodnie energetyk, któremu los wyznaczy pracę w elektrowni atomowej, przystąpi do niej nie bez pewnego wzruszenia. Wszak tu inżynier wkroczy w swej pracy praktycznej po raz pierwszy na teren, gdzie leżą w gruzach filary całego jego dotychczasowego światopoglądu w dziedzinie energetyki. Wprawdzie każdy inżynier słyszał o wynikach, do których doszli fizycy w swych dociekaniach, lecz każdy inżynier miał dotychczas prawo uważać te wyniki za „teorię", która w niczym nie zmienia podstawowych pojęć naukowych, na których opiera się jego praca praktyczna.

Inżynier-energetyk miał prawo stać dotychczas na stanowisku, że u podstaw wszystkich zjawisk, z którymi on ma do czynienia w swej pracy, leżą dwa odrębne pojęcia — pojęcie materii i pojęcie energii, i że podstawowymi prawami, które rządzą wszystkimi zjawiskami w zakresie jego działalności, są dwa odrębne prawa: zasada zachowania materii (masy) i zasada zachowania energii. Nie ma inżyniera, który by nie słyszał o obwieszczonej światu już przed 40 z górą laty teorii względności Einsteina, teorii, która, między innymi, głosiła zasadę identyczności materii (masy) i energii. Ale to rewelacyjne odkrycie miało dotychczas w oczach inżyniera wartość właśnie „teorii" bez żadnych praktycznych skutków w jego dotychczasowej pracy.

To samo należy powiedzieć o dawnych poglądach na budowę materii, która miała we wszystkich swoich najróżnorodniejszych postaciach składać się z ograniczonej liczby pierwiastków, jako tworów wyjściowych, zgoła odrębnych, dopuszczających jedynie rozmaite połączenia i kombinacje między sobą z wykluczeniem możliwości przemiany jednego pierwiastka w drugi. I ta hipoteza naukowa runęła razem z dawnym przeświadczeniem o istnieniu dwu odrębnych pojęć — materii i energii.

Dotychczas inżynier-energetyk miał do czynienia w swej pracy technicznej najwyżej z przemianami chemicznymi, w szczególności w obecnych elektrowniach cieplnych spotykał się tylko z procesami spalania węgla lub innych paliw. W niedalekiej przyszłości inżynier-energetyk będzie w praktyce nowych elektrowni atomowych przetwarzał jeden pierwiastek w drugi, a więc będzie realizował to, co było (z niskich wprawdzie pobudek) marzeniem alchemików średniowiecznych, wyśmiewanych dość złośliwie przez oficjalną naukę przyrodniczą w ciągu całego XIX stulecia.

Dotychczas inżynier-energetyk prowadził bardzo ścisłe obliczenia, oparte na ustalaniu dwu odrębnych bilansów — bilansu materii (masy) i bilansu energii. W przyszłej elektrowni atomowej będzie się opierał tylko na jednym bilansie — masowo-energetycznym, gdyż będzie miał do czynienia z procesami, w których masa przetwarza się w energię i odwrotnie.

XX. Nowy typ siłowni cieplnej.

Klasyczną formą siłowni cieplnej w dzisiejszej elektroenergetyce, panującą zresztą już dziesiatki lat, jest urządzenie turbinowe na parę wodną. Rozwój tego typu siłowni cieplnej szedł z biegiem czasu w kierunku zwiększenia mocy jednostek kotłowych oraz zespołów turbinowych, w szczególności turbin jednokadłubowych o 3000 obr./min., oraz w kierunku podwyższenia prężności i temperatury pary.

Obok tego postępu w instalacjach wodnoparowych istniały od dawna i istnieją dziś poszukiwania innych typów siłowni cieplnych w celu dalszego podniesienia sprawności cieplnej, a z nią i sprawności gospodarczej, jak również w celu podniesienia pewności ruchu.

Na wymienienie tutaj zasługuje zastąpienie w urządzeniach parowych wody innym płynem, a mianowicie rtęcią, której para wyróżnia się wysoką temperaturą przy umiarkowanym ciśnieniu. Usiłowania osiągnięcia postępu na tej drodze doprowadziły do instalacji parowych połączonych — wodno-rtęciowych. Skropliny pary rtęciowej mają bowiem tak wysoką temperaturę, że mogą być użyte do wytwarzania pary wodnej. Innymi słowy w instalacji połączonej skraplacz rtęciowy jest jednocześnie kotłem dla instalacji wodnoparowej. Na kilka lat przed ostatnią wojną instalacje takie powstały w Ameryce, przy czym zespoły rtęciowoparowe miały po 20 MW, a w połączeniu z zespołami wodno-parowymi moc ich dochodziła do 53 MW.

Inną nową formą siłowni cieplnych, którą tu należy wymienić i która jest więcej znana, są turbiny gazowe spalinowe. Mają one za zadanie połączyć korzyści i zalety maszyn tłokowych (silników spalinowych) i turbin parowych, a jednocześnie podnieść pewność ruchu, niema bowiem w instalacjach gazowo-turbinowych żadnych tłoków, korbowodów, zaworów sterowniczych, niema kotłów, skraplaczy, chłodni itp. Dochodzą jednak sprężarki i inne nowe części składowe instalacji.

Nowością z okresu ostatniej wojny są siłownie cieplne powietrzno-turbinowe, w których czyste powietrze, nagrzewane zzewnątrz, pracuje w obiegu zamkniętym. Typ ten opracowała światowa firma szwajcarska. Bliżej zapozna się z nim czytelnik z podanego dalej artykułu prof. Uklańskiego. Oczekuje się, że typ ten pozwoli osiągnąć większą sprawność i większą moc jednostek niż to jest możliwe w powszechnie dziś stosowanych instalacjach parowoturbinowych lub w instalacjach gazowo-turbinowych. Doświadczenia w elektrowniach z wielkimi zespołami powietrzno-turbinowymi wymienionego typu dotychczas nie ma.

XXI. Sukces naszego przemysłu kablowego.

Wytwórczość fabryk kablowych, objętych przez Zjednoczenie przemysłu kabli i przewodów, osiągnęła w lutym r.b. pod względem swej wartości w złotych przedwojennych średni miesięczny poziom z roku 1938, mianowicie 4,75 mln. zł według cen 1937 r. (według cen dzisiejszych suma ta przekracza 158 mln. zł). W marcu r.b. osiągnięto wytwórczość o 6% większą. Wagowo wytwórczość dzienna wszystkich naszych fabryk kablowych wynosiła w lutym r. b. około 56 t, w marcu r. b. około 64 t.

W związku z tym sukcesem godnym odnotowania mamy prawo liczyć, że nasz przemysł kablowy będzie pierwszym działem polskiego przemysłu elektrotechnicznego, który pokusi się o wywóz swych wyrobów za granicę. Pragnęlibyśmy, aby nastąpiło to jak najrychlej. Nie zapominajmy ani na chwilę o tym, co mówił minister przemysłu na Kongresie Techników Polskich w r. ub. (PE, 1946, z 4, str. 128):

„Zagadnienie eksportu to jest zagadnienie dominujące w życiu gospodarczym zniszczonych krajów Europy".

„Albo będziemy eksportować, albo będziemy się staczać w dół i będziemy się coraz bardziej degradować".

„Nikt nie da kredytu tym, którzy swoim eksportem nie potrafią na rynku wykazać swej siły".

Błędem byłoby na stałe, na długą przyszłość, przerzucać cały ciężar naszego eksportu na węgiel. Możemy, bo musimy godzić się na pewien czas z wywozem tego największego skarbu, jakim natura nas obdarzyła, ale ambicją naszą, dążeniem naszym ustawicznym, i to od dziś, pomimo upadku, w jakim znajduje się nasza gospodarka, powinno być przechodzenie jak najrychlej od eksportu surowców, a zwłaszcza węgla, do wywozu materiału uszlachetnionego pracą polskich rąk i mózgów, do wyższej klasy przedmiotów wymiany handlowej między narodami. Do „wykazania swej siły" eksportem nie wystarczą tak prymitywne co do swego pochodzenia (nie co do swej wartości) artykuły, jak bryła węgla lub kurze jajko.

Tak się składa pomyślnie, że pomimo wielkich zniszczeń w naszym przemyśle elektrotechnicznym właśnie w łonie tego przemysłu dział kablowy znajduje się w takiej sytuacji, że bynajmniej nie jest utopią myśl o wywozie naszych kabli za granicę już dziś. Wysoka jakość wyrobów naszych fabryk kablowych jeszcze z czasów przedwojennych całkowicie upoważnia nas do tego rodzaju ambicji.

Ważne jest to, żebyśmy nie szczędzili wysiłków na zrealizowanie tej idei, gdyż może być ono dobrym przykładem dla innych gałęzi polskiego przemysłu przetwórczego. Ważne jest to, żebyśmy jak najrychlej zapoczątkowali wywóz swych wyrobów kablowch za granicę, gdyż z każdym półroczem przyjdzie nam to coraz trudniej w miarę tego, jak poszczególne kraje przemysłowe zaspokoją swe własne nadzwyczajne potrzeby okresu powojennego.

Słabą stroną dążeń naszych do stworzenia eksportu wyrobów kablowych jest to, że nie mamy własnych surowców do produkcji tego artykułu i że surowce, niezbędne na nasze własne potrzeby w dziedzinie kabli, zdobywamy z wielkim trudem. Ale są przecież możliwe tranzakcje z zagranicznymi odbiorcami naszych kabli, uwarunkowane dostarczeniem surowców przez zleceniodawcę. Doprowadzenie do takich tranzakcji warte jest nawet dużego zachodu.

Tadeusz Czaplicki

PROF. DR SZCZEPAN SZCZENIOWSKI

Energia atomowa

I. WIADOMOŚCI WSTĘPNE

1. Budowa atomów.

Atomy mają budowę złożoną. Atom składa się z jądra, posiadającego ładunek dodatni, i ze znajdujących się w otoczeniu tego jądra elektronów. Całkowita niemal masa atomu skupiona jest w jądrze: masa jednego elektronu wynosi zaledwie 1/1838 masy najlżejszego atomu — atomu wodoru.

Każdy elektron posiada ładunek ujemny wielkości $1{,}60.10^{-19}$As (amperosekund czyli kulombów). Ładunek ten stanowi najmniejszą niepodzielną wartość ładunku, istniejącą w przyrodzie. Ten e l e m e n t a r n y ł a d u n e k e l e k t r y c z n y przyjęto w fizyce atomów uważać za jednostkę ładunku i oznaczać literą **e**, a więc $1e = 1{,}60.10^{-19}$ As.

Każdy atom jest elektrycznie obojętny, a zatem ładunek dodatni jądra musi wynosić Z ładunków elementarnych, jeżeli Z oznacza liczbę elektronów wewnątrz atomu.

Bardzo rozpowszechniony jest model atomu Rutherforda-Bohra, według którego elektrony krążą dokoła jądra, podobnie jak planety dokoła słońca. Model ten jest według dzisiejszego stanu naszej wiedzy przybliżony jedynie. Elektronów wewnątrz atomu nie można rozpatrywać jako zwykłych cząstek materialnych; są one właściwie tworami, nie mającymi dokładnych odpowiedników w otaczającym nas świecie makroskopowym. Prócz cech takich, jakie mają cząstki materialne, cech korpuskularnych, posiadają one również cechy falowe. Elektron można zatem wiązać z układem pewnych fal i ten punkt widzenia jest właściwszy w szeregu wypadków. Fale te, tzw. fale materii, posiadają długość zależną od pędu elektronu i równą h/p, jeśli h oznacza podstawową dla fizyki stałą, tzw. stałą Plancka, równą $6{,}62.10^{-34}$ Ws^2 (wat $\times$ sec^2), a p — pęd elektronu. Atom można również rozpatrywać jako przestrzenny układ stojących fal materii. Należy jednak podkreślić, że fale te, zwłaszcza dla atomów wieloelektronowych, mają charakter abstrakcyjny: dla atomu Z-elektronowego są to fale w przestrzeni 3Z-wymiarowej.

Nie tylko elektrony posiadają cechy falowe. Cechy takie posiadają również jądra i ich składniki; długości fal jądrowych wyrażają się tym samym wzorem, co długości fal elektronowych.

Wymiary atomów, obliczone w oparciu o teorię kinetyczną materii, są rzędu 10^{-8}—10^{-7} cm, inaczej rzędu 1—10 Å (1 Ångström $= 10^{-8}$ cm). Wymiary jąder atomowych, które można ustalić badając rozproszenie wiązki promieni α (czyli bardzo szybkich jąder helu) przy przejściu przez warstwę materii, są o wiele mniejsze, rzędu 10^{-13}—10^{-12} cm, promień zaś elektronu wynosi $1{,}4.10^{-13}$ cm*).

Jak widzimy, atom ma budowę niemal pustą we wnętrzu. Jest on nieprzenikliwy dla innych atomów ze względu na bardzo duże siły odpychające między powłokami elektronowymi, które to siły ujawniają się przy bezpośrednim zbliżeniu się atomów do siebie. Są to siły odpychające (kulombowskie), działające pomiędzy ujemnymi ładunkami elektronów. Cząstki α, zawierające dodatni ładunek elektryczny, nie ulegają tym siłom odpychającym i ze względu na swą bardzo wielką (w skali atomowej) energię kinetyczną przebiegają bez przeszkód przez atomowy rój elektronów, zbliżając się mniej lub więcej do jądra. Bardzo wielkie elektryczne siły odpychające między dodatnią cząstką α i dodatnim jądrem powodują zboczenia tych nielicznych — ze względu na bardzo małe rozmiary jądra — cząstek, które znalazły się w bezpośrednim sąsiedztwie jądra. Siły te mogą osiągać wartość kilku kilopondów (kilopond oznacza kilogram jako jednostkę siły).

Własności chemiczne i zwykłe własności fizyczne materii, takie jak gęstość, sprężystość, przewodnictwo elektryczne, własności magnetyczne itp., zależą tylko od budowy powłoki elektronowej atomów, z których składa się dana materia. Budowa powłoki tej zależy wyłącznie od liczby elektronów, a więc od ładunku, zawartego w jądrze. Powłoka posiada budowę warstwową, a o wszystkich wspomnianych wyżej własnościach decyduje przede wszystkim najbardziej zewnętrzna warstwa elektronów.

Głębsze warstwy elektronowe wchodzą w grę dopiero przy oddziaływaniu czynników na tyle energicznych, że mogą przebić się do tych warstw. Czynnikiem takim są promienie X (inaczej rentgenowskie). Widma charakterystyczne promieni X pierwiastków zależą przede wszystkim od ładunku jądra. Zależność ta jest bardzo prosta: częstotliwość drgań linii widma promieni X o najkrótszej fali, tzw. linii K_α, dana jest przez wzór

$$\nu = (Z - s)^2 \cdot 3R/4,$$

gdzie Z oznacza ładunek jądra, mierzony w ładunkach elementarnych (**e**), s — pewną stałą bliską jedności, R zaś tzw. stałą Rydberga.

Liczba Z oznacza jednocześnie numer porządkowy jądra atomu w tablicy układu naturalnego pierwiastków, ułożonej przez Mendelejewa niemal przed 80 laty. Mendelejew układał pierwiastki według ich ciężarów atomowych, okazało się jednak, że w kilku wypadkach ze względu na własności chemiczne należało odstąpić od tego porządku. Dzisiaj badanie widma promieni X pozwala od razu ustalić miejsce pierwiastka w tablicy układu naturalnego. Obecnie znamy 96 typów atomów. Cztery ostatnie są to atomy syntetyczne, wytworzone w ciągu ostatnich lat.

Ważną rolę w fizyce atomu odgrywa wartość tzw. liczby Avogadry N, tj. liczby atomów w kilogramoatomie. Liczba ta wynosi $6{,}02.10^{26}$ tyle więc atomów zawiera 1.008 kg wodoru lub 16 kg tlenu lub 238,1 kg uranu itd. Dla uzmysłowienia sobie tej niesłychanie wielkiej liczby Kelvin dał takie porównanie: gdybyśmy do oceanu wlali szklankę ciężkiej wody i wymieszali ją dokładnie z wodą wszystkich oceanów, a następnie gdziekolwiek zaczerpnęli z oceanu szklankę wody, znaleźlibyśmy w niej kilkadziesiąt atomów ciężkiego wodoru, pochodzących z naszej ciężkiej wody. Ta wielka wartość liczby Avogadry ogranicza możliwości wykorzystania technicznego różnych reakcji jądrowych ze względu na to, że chociaż potrafimy wywołać reakcję nawet w tysiącach miliardów jąder atomowych, daje to nam tylko niezmierzalnie małe masy pierwiastków powstających w reakcji.

2. Energetyka atomów.

Każdy atom może istnieć w szeregu stanów o określonej energii. Inaczej mówiąc, każdy atom ma szereg poziomów energetycznych. Różnice energii tych poziomów ustalamy badając widma atomów — optyczne i promieni X. Charakterystyczna dla świata atomów jest zatem nieciągłość zespołu możliwych wartości energii atomu. Atom może trwać przez czas dowolnie długi tylko w stanie o najmniejszej energii. Stany o energii większej są nietrwałe i atom przechodzi z nich do stanów o energii mniejszej.

Energie, z którymi mamy do czynienia w powłoce elektronowej atomu, są w gruncie rzeczy natury elektromagnetycznej: są to energie związane z polem elektrycznym jądra i polami elektrycznymi oraz magnetycznymi, wytwarzanymi przez poruszające się we wnętrzu atomu elektrony. Gdy atom przechodzi samorzutnie z k-tego stanu do l-tego, wyzwoloną energię $W_k - W_l$ odnajdujemy w energii wypromieniowania kwantu promieniowania, fotonu, zawierającego energię $h\nu = W_k - W_l$ i posiadającego skierowany pęd $h\nu/c$ (c — prędkość światła, ν — częstotliwość drgań światła wypromieniowanego). Wyzwolenie energii może być również wywołane przez zetknięcie się atomu z innym atomem, bądź inną drobiną; energia wyzwolona ujawnia się wówczas przez przyrost energii kinetycznej zderzających się z atomem cząsteczek, a dalej wskutek zderzeń tych cząsteczek z innymi przechodzi ostatecznie w ciepło.

Energię atomów czy jąder mierzymy w fizyce zwykle w jednostkach, nazwanych elektronowoltami i oznaczanych przez eV. 1eV jest to praca ładunku elementarnego, przenoszonego między punktami o różnicy potencjałów 1 V, a więc: $1eV = 1{,}60 \,.\, 10^{-19}$ VAs $= 4{,}45 \,.\, 10^{-26}$ kWh $= 3{,}83 \,.\, 10^{-23}$ kcal. Stąd 1 keV $= 4{,}45 \,.\, 10^{-23}$ kWh i 1 MeV $= 4{,}45 \,.\, 10^{-20}$ kWh. Widzimy, że elektronowolt jest bardzo małą jednostką.

Energie wchodzące w grę w powłoce elektronowej atomu, są to energie elektronów tej powłoki, a mianowicie ich energie w polu elektrostatycznym jądra i reszty elektronów atomu. Weźmy pod uwagę atom o numerze porządkowym Z. Dla najbardziej nazewnątrz wysuniętego elektronu wpływ ładunku jądra Ze jest przesłonięty przez wpływ

*) Nie należy wyobrażać sobie elektronu w postaci kulki o tym promieniu. Promień elektronu jest tu rozumiany jako wielkość, obliczona w założeniu, że masa elektronu o tym promieniu jest równoważna energii jego pola elektrostatycznego.

Z—1 elektronów zewnętrznych; jeśli więc promień atomu jest r, to rząd wielkości potencjału w powłoce zewnętrznej wyniesie $e/4\pi\varepsilon_0 r$ woltów, gdzie $\varepsilon_0 = 0{,}886.10^{-13}$ As/Vcm. Promień r jest rzędu 10^{-8} — 10^{-7} cm; wynika stąd, że potencjał ten jest rzędu kilku lub kilkunastu woltów. Tyleż zatem elektrowoltów wyniesie energia najbardziej zewnętrznego elektronu.

Energie, wyzwalane w reakcjach chemicznych, mierzymy zwykle w kilokaloriach na mol. Ale mol zawiera $6{,}02.10^{23}$ drobin, a więc w przerachowaniu na jedną drobinę czy atom 1 kcal/mol odpowiada $1/6{,}02.10^{23} \cdot 3{,}83.10^{-23} = 4{,}35.10^{-2}$ eV i odwrotnie 1eV = 23 kcal/mol. Wyzwolenie energii kilku elektronowoltów na atom czy drobinę daje zatem już kilkadziesiąt kilokalorii w przerachowaniu na mol. Spalanie węgla, a więc jedna z reakcji wyzwalających najwięcej energii, daje zaledwie około 100 kcal na mol; podobnego rzędu są ilości ciepła wyzwalane przy spalaniu ropy.

Już sięgnięcie do wewnętrznych powłok elektronowych atomu wymaga użycia dużo większych energii, wynoszących tysiące elektronowoltów; tegoż rzędu energie posiadają fotony promieni X. O wiele jeszcze większe energie spotykamy w fizyce jądra, a więc gdy chodzi o procesy, w których ulega zmianom energia, zawarta w jądrze atomu. Tu nadmienimy, że to, co powszechnie nazywa się dzisiaj „energią atomową" właściwiej byłoby nazywać energią wewnątrzjądrową.

3. Zasada równoważności energii i masy.

Energie, z którymi mamy do czynienia w jądrach atomów, są tak wielkie, że dają możliwość doświadczalnego sprawdzenia zasadniczego dla dzisiejszej fizyki prawa równoważności energii i masy. Prawo to, sformułowane przez Einsteina w r. 1905 jako jeden z wyników szczególnej teorii względności, orzeka, że każda energia posiada pewną masę i, odwrotnie, że każda masa równoważna jest pewnej energii. Zależność między energią W (w ergach) a równoważną jej masą m (w gramach) dana jest przez związek:

$$W = mc^2 \text{ albo } m = W/c^2,$$

gdzie $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/s jest prędkością światła. Ze względu na bardzo wielką wartość prędkości światła masa, odpowiadająca pewnej określonej energii, jest na ogół bardzo mała i, odwrotnie, energia odpowiadające np. masie 1 grama jest bardzo wielka. Można łatwo obliczyć, że

$$1 \text{ g} \equiv 25 \cdot 10^6 \text{ kWh} \equiv 21{,}5 \cdot 10^9 \text{ kcal} \equiv 5{,}62 \cdot 10^{26} \text{ MeV}$$

$$1 \text{ kWh} \equiv 4 \cdot 10^{-8}\text{g}; \; 1 \text{ kcal} \equiv 4{,}65 \cdot 10^{-11}\text{g}$$

Jeśli weźmiemy pod uwagę, że przy spalaniu 1 kg dobrego węgla wywiązuje się 8000 cal czyli 9,3 kWh energii, widzimy, że 1 g jakiejkolwiek materii równoważny jest energii, wywiązującej się przy spalaniu 2700 ton węgla.

Równoważność energii i masy oznacza, że masę należy uważać za pewną formę energii, za najbardziej skondensowaną formę energii. Jest to stan rzeczy zupełnie analogiczny do stosunku pomiędzy ciepłem a energią mechaniczną. Kwadrat prędkości światła odgrywa rolę mechanicznego równoważnika ciepła.

Należy zauważyć, że całkowita zamiana masy na energię jest zjawiskiem obserwowanym w wypadkach wyjątkowych tylko i, jak się dzisiaj wydaje, wywołanie tego rodzaju przemiany na wielką skalę jest i pozostanie przez długi jeszcze czas nie możliwe. Dzisiaj w najkorzystniejszych warunkach potrafimy przy użyciu uranu czy plutonu zmienić w energię jedynie około 1/1000 masy tych pierwiastków.

Całkowitą przemianę masy w energię, dematerializację materii, zaobserwowano przy zderzeniach elektronów z pozytronami. Pozytrony są to elektrony dodatnie, a więc cząstki o masie dokładnie równej masie elektronu i posiadające dodatni ładunek elektryczny **e**. Pozytrony, wykryte po raz pierwszy w r. 1930 przez fizyka amerykańskiego Andersona w promieniowaniu kosmicznym, są cząstkami nietrwałymi. Przy zderzeniu pozytronu z elektronem obie te cząstki znikają, a na ich miejsce powstają dwa fotony, tak że spełniona jest zasada zachowania pędu oraz uogólniona zasada zachowania energii (masy).

Istnieją poszlaki, że pewne bogate w energię fotony obserwowane w promieniach kosmicznych powstają w związku z dematerializacją protonów (jąder wodoru), przy czym proces ten mógłby być związany z istnieniem hipotetycznych ujemnych protonów, to jest cząstek o masie protonu, lecz mających ujemny ładunek elementarny. Są to jednak sprawy, które wymagają jeszcze dalszych badań. Dotychczas nie obserwowano z całą pewnością całkowitej dematerializacji cząstek o masie tego rzędu co masa jądra atomu. Obserwowano natomiast dematerializację niecałkowitą tzw. mezonów — cząstek, o których będzie mowa niżej (§ 19), a których masa jest około 240 razy większa od masy elektronu. Mezon przetwarza się w tym wypadku w elektron i foton.

Nie jest wykluczone, że istnieje zasada, ograniczająca możliwości przemiany materii w energię, — coś przypominającego pod pewnymi względami drugą zasadę termodynamiki.

Równoważność masy i energii pociąga za sobą ważne skutki. Wynika z niej bowiem, że ściśle biorąc zasady zachowania masy i zachowania energii, podstawowe w fizyce, nie są słuszne. Jeżeli np. bierzemy pod uwagę ciało, poruszające się z coraz większą prędkością, a więc posiadające coraz większą energię kinetyczną, to masa tego ciała musi również rosnąć. Teoria względności doprowadza do wniosku, że masa m ciała, poruszającego się z prędkością v, jest dana przez wzór

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \tag{1}$$

gdzie m_o oznacza tzw. masę spoczynkową. Jeśli mianownik po prawej stronie rozwiniemy w szereg potęgowy, znajdziemy

$$m = m_o \left(1 + \frac{1}{2}\frac{v^2}{c^2} + \frac{3}{8}\frac{v^l}{c^l} + \; . \; . \; . \right). \tag{2}$$

Mnożąc obie strony przez c^2, znajdziemy stąd:

$$mc^2 = m_o c^2 + \frac{1}{2} m_o v^2 + \frac{3}{8} m_o v^2 . v^2/c^2 + \; . \; . \; . \tag{3}$$

Pierwszy wyraz ostatniego rozwinięcia oznacza energię równoważną masie spoczynkowej m_0, dalsze wyrazy — energię kinetyczną. W szczególności drugi wyraz jest to poprostu klasyczne wyrażenie na energię kinetyczną ciała o masie m_0, poruszającego się z prędkością v. Następne wyrazy — to poprawka wyrażenia na energię kinetyczną, wymagana przez teorię względności. Jak widać, poprawka ta uzyskuje dostrzegalne wartości dopiero dla prędkości v nie znikomo małych wobec c, skąd wynika, że w praktyce zawsze wystarcza posługiwanie się wzorem klasycznym.

Z wzoru (2) wynika dalej, że przyrost masy związany z energią kinetyczną jest bardzo mały. Aby masa wzrosła o 0,001‰, prędkość musi sięgać 300 km/sek.; przy prędkościach rzędu kilometra na sekundę zmiana masy wynosi zaledwie dziesięciomilionowe pro mille, a więc jest zupełnie znikoma. W najbardziej energicznych reakcjach chemicznych masa energii reakcji jest również niewymierzalnie mała. Weźmy np. pod uwagę reakcję spalania węgla:

$$C + O_2 = CO_2 + 94{,}76 \text{ kcal/mol.}$$

Ciepło spalenia kilomola chemicznie czystego węgla wynosi zatem 94760 kcal. Według znanego nam już zamiennika odpowiada to $94{,}76 \cdot 10^3 \cdot 4{,}65 \cdot 10^{-11}$ g $= 4{,}41 \cdot 10^{-3}$ mg. A więc zmiana masy nie daje się zmierzyć nawet przy użyciu najczulszych wag, gdyż wynosi cztery tysiączne miligrama na dwanaście kilogramów. Nic więc dziwnego, że i zasada zachowania masy i zasada zachowania energii pozostają każda oddzielnie w mocy w zwykłej chemii i technice. Jeśli jednak chodzi o zjawiska, w których mamy do czynienia z energią wewnątrzjądrową, to — jak już nadmieniono — ilości energii, z którymi ma się wówczas do czynienia, są tak wielkie, że nie można już nie liczyć się ze zmianą masy. Zamiast zasad zachowania energii i zachowanie masy mamy wówczas jedną uogólnioną zasadę zachowania energii, przy czym w bilansie energii należy uwzględnić równoważniki energetyczne mas. Równie dobrze można posługiwać się równoważną uogólnioną zasadą zachowania masy, przy czym uwzględniać należy masowe równoważniki energii.

4. Promieniotwórczość naturalna.

Energia wewnątrzjądrowa wyzwala się w zjawiskach promieniotwórczości i w tych właśnie zjawiskach po raz pierwszy z nią się zetknięto. Promieniotwórczość uranu wykryta została w r. 1896 przez Becquerela; najpowszechniej znanym ciałem promieniotwórczym jest rad, wykryty w roku 1898 przez Curie-Skłodowską. Dzisiaj znamy około czterdziestu pierwiastków promieniotwórczych naturalnych, spotykanych w przyrodzie, oraz kilkaset odmian pierwiastków promieniotwórczych sztucznych. Promieniotwórczość, jak wiemy dzisiaj, polega na nietrwałości jąder atomów. Nietrwałe, a więc promieniotwórcze, są wszystkie najcięższe

jądra, poczynając od pierwiastka Nr 84 (polonu), ale znamy również kilka pierwiastków promieniotwórczych lżejszych; należą do nich potas (Z = 19), rubid (Z = 37), samar (Z = 62) i kasjop (Z = 71).

Jądra, podobnie jak atomy, mogą istnieć w szeregu nieciągłym stanów o określonych energiach. Jądra nietrwałe samorzutnie przechodzą ze swojego stanu początkowego do innego stanu, przy czym wyzwala się pewna — stosunkowo bardzo znaczna — energia na koszt energii wewnątrzjądrowej. Energia ta wyzwala się w formie fotonu, przy czym jądro nietrwałe przechodzi poprostu w stan o niższej energii, bądź też jądro to ulega przemianie, przy czym zostaje wyrzucona cząstka α (tj. jądro helu) albo elektron; w pierwiastkach sztucznie promieniotwórczych może też być wyrzucony pozytron. Przemiana jądra może wreszcie polegać na schwytaniu przez jądro elektronu z najgłębszej, najbliższej jądra warstwy elektronowej, tzw. warstwy *K*.

Gdy z jądra zostaje wyrzucona cząstka α, mówimy o promieniowaniu α, gdy elektron — o promieniowaniu β^-, gdy pozytron — o promieniowaniu β^+, gdy foton — o promieniowaniu γ. Schwytanie elektronu nosi nazwę przemiany *K*. Każdemu przejściu jądra w stan o niższej energii towarzyszy zawsze jedno tylko z wymienionych promieniowań, przemianie *K* towarzyszy zawsze przegrupowanie w powłoce elektronowej, otaczającej jądro, i wysłanie fotonu X.

Podstawowe prawo przemian promieniotwórczych orzeka, że przemiany te zachodzą zupełnie przypadkowo, niezależnie od poprzedniej historii jądra. Dla jądra, znajdującego się w określonym stanie początkowym, istnieje zupełnie określone prawdopodobieństwo, że ulegnie ono pewnej określonej przemianie w ciągu najbliższej jednostki czasu. Prawdopodobieństwo to oznaczać będziemy symbolem λ. W takim razie z N jąder promieniotwórczych, z jakimi mamy do czynienia w chwili t, w odstępie czasu dt ulegnie rozpadowi $\lambda\, N dt$. A zatem mamy związek różniczkowy $dN = -N \lambda\, dt$, skąd po scałkowaniu $N = N_0\, e^{-\lambda t}$, gdzie N_0 oznacza liczbę jąder promieniotwórczych w chwili $t = 0$. Zamiast podawać wartość λ najczęściej podaje się w tablicach tzw. okres połowicznego rozpadu (przepołowienia), a więc czas T, po którego upływie połowa początkowej liczby atomów (jąder) ulega rozpadowi. Dla radu okres ten wynosi 1580 lat, dla uranu $4{,}56 \cdot 10^9$ lat.

Jak już wspomniano, przemianom ciał promieniotwórczych towarzyszy stałe wydzielanie energii. Energia ta zamienia się ostatecznie w ciepło, zwłaszcza jeżeli preparat np. radu otoczymy warstwą ołowiu, pochłaniającą wszelkie wysyłane przez rad promienie. Jak wykazują dokładne pomiary, 1 gram radu (wraz z powstałymi zeń produktami jego przemian) wydziela na godzinę 0,14 kcal ciepła. Jest to ilość niewielka, ale trzeba pamiętać, że po upływie 1580 lat gram ten rozpadnie się do połowy, a w ciągu tego czasu wydzielone ciepło będzie tak wielkie, jakie moglibyśmy uzyskać przez spalenie 0,25 ton węgla. Tak więc ilości energii, z którymi mamy do czynienia w rozpadzie promieniotwórczym, są bardzo wielkie — wyzwala się tu już energia wewnątrzjądrowa, tylko że szybkość wydzielania się tej energii jest znikomo mała i, co ważniejsze, nie potrafimy żadnymi zwykłymi sposobami wpłynąć na tę szybkość.

II. PODSTAWY FIZYKI JĄDRA (NUKLEONIKI)

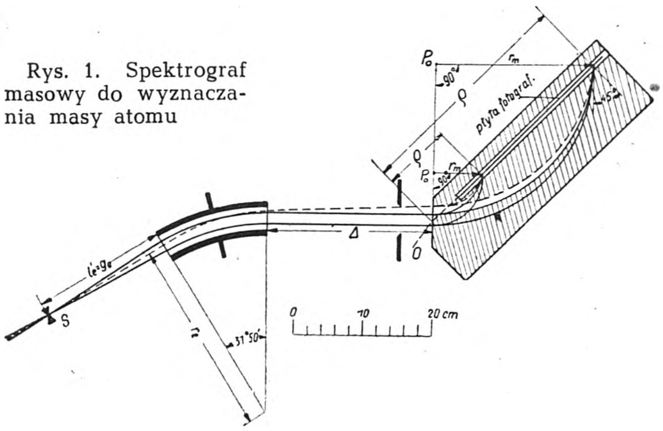
5. Masa jądra, liczba masowa, izotopy.

Jedną z najważniejszych cech jądra jest jego masa; dokładne wyznaczenie mas jąder atomowych jest sprawą zasadniczej wagi dla fizyki jądra atomu, czyli nukleoniki według zaproponowanej przez fizyków amerykańskich nazwy. Zasadniczo mierzymy masę jądra nie wprost, lecz wyznaczamy dla jonu badanego atomu stosunek ładunku do masy (q/m). Jon jednowartościowy posiada ładunek elementarny dodatni, jon dwuwartościowy — dwa takie ładunki itd.

Podstawowym narzędziem, służącym do wyznaczania mas atomów czy jąder atomowych, jest tzw. spektrograf masowy, zbudowany przez Astona w roku 1919, a później ulepszony przez innych badaczy.

Zasadę działania ulepszonego spektrografu masowego o podwójnym zogniskowaniu wiązek jonów przedstawia rys. 1. W odpowiednio wypróżnionej rurze wyładowczej, w której panuje ciśnienie kilku setnych mm słupa rtęci, wytwarza się tzw. promienie kanalikowe. W rurze takiej w kierunku od katody do anody biegnie strumień ujemnie naładowanych elektronów, w kierunku zaś przeciwnym strumień dodatnio naładowanych jonów. Przez wąskie otwory w katodzie (kanaliki, stąd nazwa promieni) jony te przedostają się w dokładnie opróżniony z powietrza przy pomocy silnych pomp obszar poza katodą i następnie przez szczelinę *S* przedostają się do właściwego spektrografu masowego. W przyrządzie tym przebiegają one przede wszystkim przez odpowiednio zakrzywiony kondensator. Przy właściwym doborze wartości pola elektrycznego i kąta odchylenia torów promieni kanalikowych kondensator działa jak tzw. kolimator w zwykłym spektrografie optycznym, to znaczy przetwarza wiązkę rozbieżną wychodzącą ze

Rys. 1. Spektrograf masowy do wyznaczania masy atomu



szczeliny *S* w wiązkę równoległą. Wiązka ta, zdiafragmowana, dostaje się następnie do pola magnetycznego prostopadłego do płaszczyzny rysunku (na rysunku pole to jest zakreskowane) i to pole, również odpowiednio dobrane, działa na wiązkę równoległą promieni kanalikowych jak pryzmat, rozszczepiając ją na wiązki, odpowiadające różnym wartościom q/m, a następnie skupia każdą z tych wiązek w jednym punkcie, stanowiącym jakgdyby obraz szczeliny *S*. Jeżeli szczelina jest długa i wąska, obraz ten ma postać wąskiej linii, przypominającej wyglądem linie widmowe. Poszczególne obrazy szczeliny, odpowiadające różnym wartościom q/m, układają się wzdłuż prostej; gdy wzdłuż tej prostej ułożymy błonę fotograficzną, otrzymamy po jej wywołaniu obraz, przypominający widmo optyczne. Z położenia linii można wyznaczyć wartości q/m, a dalej wartości m.

Pomiary tego rodzaju prowadzą przede wszystkim do bardzo ważnego wniosku, że wszystkie niemal pierwiastki — z bardzo nielicznymi wyjątkami — posiadają izotopy. Izotopami nazywamy dwa atomy, posiadające ten sam numer porządkowy Z i ten sam układ warstw elektronowych, a więc zajmujące to samo miejsce w tablicy układu naturalnego (stąd nazwa, oznaczająca to samo po grecku), lecz różniące się masą i innymi własnościami jąder. Przypomnimy, że izotopy zostały wykryte po raz pierwszy wśród naturalnych pierwiastków promieniotwórczych, gdzie pierwiastki o zupełnie różnych okresach tzw. przepołowienia (§ 4) posiadają identyczne własności fizyczne i chemiczne, a więc to samo Z. Dzisiaj znamy już dokładnie skład izotopowy wszystkich pierwiastków. Najbardziej znanym spośród izotopów jest izotop wodoru — tzw. ciężki wodór lub deuter. W przeciwieństwie do innych izotopów posiada on własności wyraźnie różne od wodoru, co tłumaczy się stosunkowo znaczną wartością stosunku ciężarów atomowych tych dwóch izotopów. Stosunek ten jest bliski 2, gdy dla innych izotopów jest on naogół bliski 1. Ponieważ własności atomów zależą jednak w pewnym stopniu od masy jądra, tak znaczny stosunek mas powoduje wyjątkowo dostrzegalną różnicę własności wodoru i deuteru. To usprawiedliwia odrębną nazwę dla ciężkiego wodoru i odrębny symbol chemiczny (D).

Druga prawidłowość, zauważona przez Astona, polega na tym, że ciężary atomowe izotopów wyrażają się wszystkie bez wyjątku liczbami bliskimi całkowitych. Ciężary atomowe pierwiastków wykazują nieraz b. wyraźne odstępstwa od liczb całkowitych, tak np. ciężar atomowy chloru (Cl) wyraża się liczbą 35,45, ale zawsze okazuje się w tych wypadkach, że dany pierwiastek jest mieszaniną dwu lub więcej izotopów o ciężarach atomowych bardzo bliskich liczbom całkowitym. Wobec tego dla charakterystyki jąder przyjęto wprowadzić drugą liczbę całkowitą, tak zwaną liczbę masową *A*, a więc liczbę całkowitą naj-

bliższą ciężarowi atomowemu izotopu. Izotop charakteryzujemy zatem przez symbol chemiczny zaopatrzony w dwie liczby — dolna oznacza numer porządkowy Z, górna — liczbę masową A, a więc np. izotopy chloru mają symbole Cl^{35}_{17} i Cl^{37}_{17}. Często podajemy tylko liczbę masową, gdyż symbol chemiczny sam przez się określa Z. W związku z tym warto wspomnieć o skali ciężarów atomowych. W chemii za jednostkę ciężaru atomowego przyjmujemy 1/16 ciężaru atomowego tlenu; inaczej mówiąc kładziemy ciężar atomowy tlenu równy 16,0000. Wiemy jednak dzisiaj, że tlen stanowi mieszaninę trzech izotopów: O^{16} (99,76%), O^{17} (0,04%) i O^{18} (0,20%). Wobec tego w fizyce jądra za jednostkę masy atomów przyjęto 1/16 masy atomu najlżejszego z izotopów tlenu. Powstaje stąd drobna różnica w ciężarach atomowych (masach) atomów, tak że masa wyrażona w jednostkach fizycznych jest równa 1,000 275 masy w jednostkach chemicznych. Różnica ta gra już rolę przy ścisłych pomiarach mas atomów. Jednostka masy równa się $1{,}66 \cdot 10^{-24}$ g, w przerachowaniu zaś na jednostki energii — $9{,}32 \cdot 10^{2}$ MeV, albo wreszcie $1{,}49 \cdot 10^{-10}$ watosekund.

6. Moment magnetyczny i mechaniczny (kręt) jądra.

Z innych własności fizycznych jąder wymienimy jeszcze ich momenty magnetyczne i momenty mechaniczne. Jakościowo można sobie uzmysłowić te momenty zakładając, że jądra wykonują ruch wirowy dookoła własnych osi. Ponieważ jądra zawierają ładunki elektryczne, więc z ruchem takim prócz momentu mechanicznego (krętu) związany jest i moment magnetyczny.

Analiza budowy widm atomowych i zachowania się tych widm, gdy atom poddamy działaniu silnych pól magnetycznych, pozwala określić moment magnetyczny i kręt (spin) elektronu. Kręt elektronu równy jest $\frac{1}{2} h/2\pi$, jego zaś moment magnetyczny $he/4\pi mc$, gdzie m oznacza masę spoczynkową elektronu, e zaś jego ładunek.

Momenty magnetyczne i kręty jąder atomowych wywierają również pewien, choć słaby, wpływ na budowę widm atomów i cząsteczek i na zachowanie się widm, gdy atom poddamy działaniu silnych pól magnetycznych. Pomiary wykazują, że kręt jądrowy jest zawsze wielokrotnością $\frac{1}{2} h/2\pi$, choć może być i zerem, natomiast momenty magnetyczne jąder są zawsze rzędu $he/4\pi Mc$, gdzie M jest masą spoczynkową protonu ale nie są wielokrotnościami tej wielkości. Dla przykładu przytoczymy dane dla kilku jąder (kręt w jednostkach $h/2\pi$, moment magnetyczny w jednostkach $he/4\pi Mc$).

Jądro	Kręt	Moment magnetyczny
H^1	½	2,785
O^2	1	0,855
He^4	0	—
N^{14}	1	0,402

Ze względu na to, że proton posiada masę 1838 razy większą niż elektron, momenty magnetyczne jąder są na ogół parę tysięcy razy mniejsze od momentu magnetycznego elektronu.

7. Reakcje jądrowe.

W rozwoju fizyki jądrowej dużą rolę odegrało odkrycie w r. 1932 przez Chadwicka n e u t r o n u, to jest elementarnej elektrycznie obojętnej cząstki materii o masie niemal równej masie protonu.

Neutrony pojawiają się w szeregu tzw. reakcji jądrowych, to znaczy właściwie w szeregu przemian jądrowych, wywołanych sztucznie przez bombardowanie jąder różnymi pociskami atomowymi.

Pociskami naturalnymi, nadającymi się bardzo dobrze do wywoływania reakcji jądrowych, są przede wszystkim cząstki α, wyrzucane z ciał promieniotwórczych. Przemiany promieniotwórcze są to właściwie naturalne reakcje jądrowe. Weźmy np. pod uwagę rad. Co sekundę pewien określony ułamek jąder radu rozpada się, wyrzucając cząstki α o dużej energii (mierzonej na MeV); jądra, które uległy rozkładowi, przemieniają się w jądra zupełnie innego pierwiastka — radonu. W naszych oznaczeniach cząstce α przypiszemy symbol He^4 (jest ona jądrem helu); reakcję rozpadu jądra radu napiszemy więc w postaci:

$$Ra^{226}_{88} = Rn^{222}_{86} + He^{4}_{2}.$$

Rutherford pierwszy zaobserwował w roku 1919 rozpad jądra trwałego pod wpływem bombardowania cząstkami α. Reakcja jądrowa zaobserwowana przezeń polegała na wchłonięciu cząstki α przez jądro azotu, które w związku z tym wyrzuca proton i przemienia się w jądro tlenu. Reakcję tę napiszemy w postaci:

$$N^{14}_{7} + He^{4}_{2} = H^{1}_{1} + O^{17}_{8}.$$

Krótszy sposób zapisu tej reakcji jest: N^{14} (α, p) O^{17}; przytem p oznacza tu proton wyrzucony z jądra. Zwróćmy jeszcze uwagę na to, że w reakcji takiej suma ładunków jąder (liczby dolne) jest ta sama po obu stronach, co jest wyrazem zasady zachowania ładunku elektrycznego.

Po r. 1919 zaobserwowano szereg analogicznych reakcji, wywołanych przez cząstki α ciał promieniotwórczych, przenikające do wnętrza różnych lekkich jąder; nie znaleziono jednak po dziś dzień reakcji wywoływanych przez cząstki β (elektrony czy pozytrony).

Gdy bombardujemy jądro cząstkami α (czy jakimiś innymi cząstkami), sprawą bardzo ważną jest wydajność reakcji, tj. liczba jąder przetworzonych w stosunku do liczby bombardujących cząstek α. Wydajność tę wyrażamy zwykle przez tak zwany przekrój czynny jądra względem danej reakcji. W tym celu wyobraźmy sobie cząstki bombardujące jako punkty materialne, jądra zaś trafione — jako tarcze o powierzchni σ. Jeżeli oznaczymy przez ν liczbę zaobserwowanych reakcji, przez n — liczbę cząstek bombardujących, wreszcie przez N — liczbę jąder bombardowanych na 1 cm² bombardowanej powierzchni (bierzemy tu pod uwagę wszystkie jądra w całej objętości, przenikanej przez cząstki bombardujące), to przekrój czynny σ jądra względem uważanej reakcji dany jest przez wzór:

$$\sigma = \frac{\nu}{n \cdot N}, \text{ lub inaczej } \sigma N = \frac{\nu}{n}.$$

W drugiej postaci wzór ten oznacza co następuje: jeżeli założymy, że każda cząstka bombardująca, trafiająca powierzchnię σ wywołuje reakcję, to stosunek liczby wywołanych reakcji do liczby cząstek bombardujących równy jest sumie przekrojów czynnych jąder, przypadającej na 1 cm² powierzchni bombardowanej.

Reakcje jądrowe badamy dzisiaj różnymi metodami; bardzo często stosuje się w tym celu metodę komory Wilsona, która pozwala uzyskać fotografie stereoskopowe śladów torów cząstek, biorących udział w reakcji (ślady te są to wąziutkie pasemka mgły, skraplającej się w przesyconej parze wodnej na jonach, wytworzonych przez szybkie cząstki na swej drodze). Stosuje się również w tym celu tzw. liczniki Geigera-Müllera, a więc w zasadzie układy elektryczne o równowadze chwiejnej, w których jonizacja, wywołana przez przebiegającą szybką cząstkę, wystarcza do wywołania wyładowania elektrycznego; wreszcie stosuje się odpowiednio czułe komory jonizacyjne. Schemat urządzenia licznika Geigera-Müllera przedstawia rys. 2. Jest to cienkościenny walec aluminiowy lub mosiężny, w którym rozciągnięto osiowo na izolatorach drucik np. wolframowy o średnicy około 0,1 mm. Pomiędzy drucikiem a ścianką wytwarzamy napięcie rzędu 1500 V, przy czym biegun dodatni łączymy z drucikiem. Licznik wypełnia się np. argonem (ciśnienie około 100 mm Hg) z domieszką acetonu (ciśnienie 10 mm Hg).

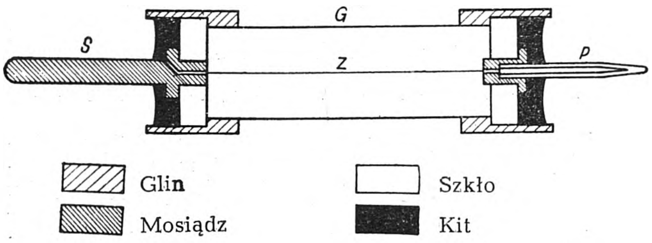
8. Przenikanie dodatnio naładowanych cząstek do wnętrza jąder atomowych.

Należy podkreślić, że cząstka α może wywołać reakcję jądrową tylko wówczas, gdy zderzy się z jądrem, a więc pokona kulombowskie siły odpychające pomiędzy jądrem a nią samą.

Im większą energię posiada cząstka α, tym silniejsze odpychanie może ona pokonać, jednak najbardziej energiczne naturalne cząstki α nie mogą pokonać odpychania średnio ciężkich jąder — już jądra chloru nie dają się rozbić naturalnymi cząstkami α.

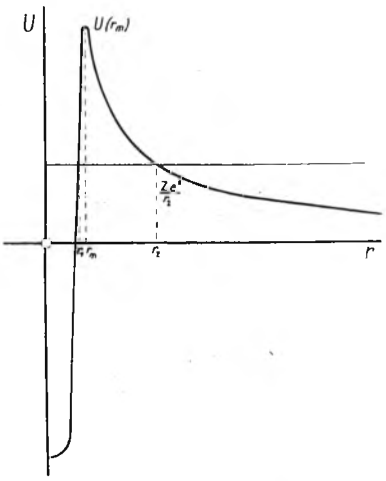
Cząstki α naturalne posiadają energie rzędu kilku MeV (najbardziej energiczne cząstki α z toru C' mają 8,95 MeV); toteż dużą sensację wywołały w r. 1932 doświadczenia Cockcrofta i Waltona, którym udało się poraz pierwszy rozbić jądro, a mianowicie jądro litu, stosunkowo powolnymi sztucznie przyśpieszonymi protonami o energii 600 keV. Późniejsze badania wykazały, że już protony o energii 10 keV mogą wywołać reakcje jądrowe w licie. Proste przeliczenie wykazuje, że energia tak powolnych protonów nie wystarcza do pokonania odpychania jąder litu — protony zostają zawrócone wstecz daleko jeszcze przed jądrami litu.

Aby zrozumieć ten paradoksalny na pozór wynik, wykreślmy energię potencjalną protonu o ładunku e w polu jądra o ładunku Ze w zależności od odległości protonu od środka jądra (rys. 3). Jądro i proton możemy uważać za ciała o symetrii kulistej, które działają na siebie elektrycz-



U góry:

Rys. 2. Licznik Geigera-Müllera do badania reakcji jądrowych.



Z boku:

Rys. 3. Energia potencjalna protonu (tj. jądra wodoru) w polu innego jądra o kilkakrotnie większym ładunku w zależności od odległości między środkami jąder.

nie jak ładunki punktowe, umieszczone w środkach kul. Proton, znajdujący się w odległości r od naszego jądra, posiada zatem energię potencjalną $\frac{Ze^2}{r}$ w jednostkach cgs lub $\frac{Ze^2}{4\pi r \varepsilon_0}$ watosek.

Energia ta nie rośnie nieograniczenie w miarę zbliżania się protonu do środka jądra. Wiemy (§ 15), że we wnętrzu jądra działają charakterystyczne siły jądrowe, powodujące wzajemne przyciąganie się cząstek elementarnych, z których składa się jądro. Siły te działają przyciągająco i na proton, znajdujący się już w bezpośredniej bliskości jądra, i powodują, że po przejściu przez maksymum energia jego potencjalna maleje i nawet staje się ujemną. W rezultacie wnętrze jądra chronione jest przed cząstkami dodatnio naładowanymi „wałem potencjału", który nie dopuszcza cząstek tych do wnętrza jądra. Tak przynajmniej wygląda sprawa z punktu widzenia mechaniki klasycznej. Cząstka dodatnio naładowana powinna zawracać, gdy jej początkowa energia kinetyczna, zaznaczona na rysunku prostą równoległą do osi odciętych, zrówna się z energią potencjalną, gdy więc prosta energii przetnie krzywą energii potencjalnej w odległości r_2 od środka jądra.

Należy jednak pamiętać, że cechy korpuskularne nie wyczerpują własności protonu; posiada on i cechy falowe. Proton w ruchu uważać można za falę materii o bardzo małej długości, a ściślej za skończonych rozmiarów grupę fal, złożoną z fal o nieco różnych długościach. W mechanice falowej wykazuje się, że fale materii posiadają bardzo silną dyspersję, a więc prędkość ich wybitnie zależy od długości fali. Dla fal takich tak zwana prędkość grupy jest zupełnie inna, niż prędkość każdej z fal składowych. Prędkość grupy jest to prędkość punktu maksymalnego natężenia fal w grupie, a więc punktu, gdzie wszystkie fale składowe wzmacniają się przez interferencję. Ponieważ fale biegną z różnymi prędkościami, więc maksymum interferencji przesuwa się w stosunku do fal poszczególnych — stąd inna wartość prędkości grupy. Prędkość grupy fal materii jest mianowicie dokładnie równa prędkości cząstki materialnej, a więc w tym wypadku protonu.

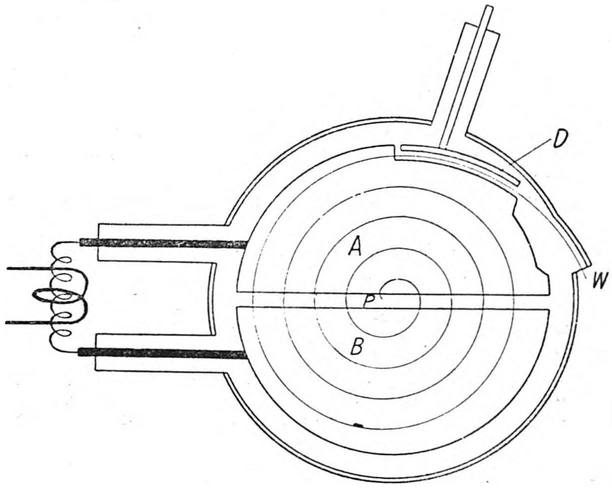
Wał potencjału nie stanowi absolutnej przegrody dla fal materii. Przenikają one, jak pokazuje rachunek, do jego wnętrza, przy czym ich natężenie maleje jednak wykładniczo w miarę przesuwania się w głąb wału. Przenikają one tym łatwiej przez wał potencjału, im mniej szczyt jego przewyższa energia protonu. Wynika stąd, że gdy szerokość wału w punktach przecięcia z prostą energii (r_2—r_1 na rysunku) jest niezbyt wielka i gdy prosta energii cząstki nie przebiega zbyt daleko od jego szczytu, wówczas fale te z dostrzegalnym natężeniem przenikną do wnętrza jądra. Ale natężenie fal materii w pewnym punkcie jest miarą prawdopodobieństwa znalezienia odpowiedniej cząstki materialnej w tym punkcie; takie jest właśnie znaczenie fizyczne tych fal. A zatem we wspomnianym wypadku istnieje skończone prawdopodobieństwo przeniknięcia protonu do wnętrza jądra.

Fale materii, odpowiadające protonom o energii 10 keV, mają odpowiednie warunki, by mogły jeszcze przeniknąć do wnętrza jądra litu poprzez wał potencjału chroniący je od zewnątrz. Jest to tzw. przenikanie tunelowe, nie mające odpowiednika w mechanice klasycznej. Pozwala ono na wywoływanie reakcji jądrowych przy pomocy dodatnio naładowanych cząstek materii o energiach o wiele mniejszych, niż należałoby przewidywać na podstawie rozważań klasycznych.

9. Metody wytwarzania ciężkich cząstek o dużej energii.

Odkrycie Cockcrofta i Waltona zapoczątkowało okres burzliwego rozwoju fizyki jądra. Należało przede wszystkim wypracować metody, pozwalające uzyskiwać silne strumienie naładowanych dodatnio cząstek o dużej energii, sięgającej wielu setek tysięcy i milionów elektronowoltów. Zagadnienie techniczne nadawania protonom, deuteronom i cząstkom α tak dużej energii można rozwiązać różnymi sposobami. Cockcroft i Walton przy pomocy odpowiedniego układu kenotronów i kondensatorów zwielokrotniali wysokie napięcie dawane przez transformator i uzyskiwali niemal stały wysoki potencjał względem ziemi; późniejsi konstruktorzy uzyskali na tej drodze różnice potencjałów do 3 MV, co pozwalało nadać protonom i deuteronom energię 3 MeV, cząstkom zaś α (z których każda ma ładunek 2e) 6 MeV.

Pominiemy tu opis powyższych urządzeń, jak i generatorów elektrostatycznych wysokiego napięcia, które są właściwie dawno znanymi maszynami elektrostatycznymi, zmodyfikowanymi stosownie do dzisiejszego stanu techniki. Wspomnimy tu tylko o najważniejszym z tych urządzeń, tzw. cyklotronie, stanowiącym technicznie najlepsze rozwiązanie zagadnienia wytwarzania szybkich jonów.



Rys. 4. Cyklotron do wytwarzania jonów o dużej energii.

Cyklotron zbudowany został przez fizyka amerykańskiego Lawrence'a w r. 1930. Zasadę działania cyklotronu przedstawia schematycznie rys. 4. Główną część stanowi płaska komora walcowa, w której znajdują się dwie elektrody A i B w kształcie również płaskich wewnątrz pustych półwalców; komora połączona jest z silną pompą próżniową, tak że ciśnienie w jej wnętrzu jest rzędu 10^{-4} — 10^{-5} mm Hg. Komora umieszczona jest między biegunami silnego elektromagnesu; linie magnetyczne są prostopadłe do płaszczyzny rysunku. Elektrody A i B połączone są z generatorem krótkich fal elektromagnetycznych (rzędu 30 metrów)

dużej mocy (przeszło 100 kW w największych cyklotronach), tak że między A i B wytwarza się zmienne napięcie. Ze względów technicznych, a mianowicie ze względu na potrzebę wytwarzania skupionych i intensywnych wiązek jonów, korzystne jest stosowanie wysokiego napięcia o wartości U_{max} rzędu kilkuset kV. W środku komory, w punkcie P, znajduje się źródło jonów, wytwarzanych przez bombardowanie gazu we wnętrzu komory strumieniem elektronów z rozżarzonej katody pomocniczej.

Jony, które pod działaniem pola elektrycznego uzyskały pewną prędkość v, opisują pod wpływem poprzecznego pola magnet. koła o prom. $r = mv/qB$ (w jedn. cgs); czas obiegu koła jest $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$, gdzie q jest ładunek jonu, B — indukcja magnetyczna. Dopóki można nie liczyć się z zależnością masy od prędkości jonów, mamy okres obiegu niezależny od prędkości jonu. Jeżeli teraz okres drgań generatora równy jest okresowi obiegów, wówczas jon, który w odpowiedniej fazie drgania elektrycznego pociągnięty zostanie ku elektrodzie A, po opisaniu półkola trafi znów na dobrą fazę w szczelinie między elektrodami i będzie ponownie przyśpieszony ku elektrodzie B, gdzie opisze półkole o większym promieniu. W ten sposób za każdym obiegiem jon uzyskuje energię $2qU_{max}$. Największą możliwą prędkość jon uzyskuje wtedy, gdy promień ostatniego opisywanego przezeń półkola zrówna się z promieniem R elektrody. Mamy wówczas $v = R\frac{qB}{m}$, stąd największa energia jonu jest $W = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} R^2 \frac{q^2 B^2}{m}$. Dla jonów o ładunku Zq energia byłaby przy tej samej masie Z^2 razy większa. Ale z drugiej strony, według powiedzianego wyżej, częstotliwość drgań pola elektrycznego

$\mu = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}$, długość zaś fali tych drgań $\lambda = cT = \frac{2\pi mc}{qB}$.

Znajdziemy zatem ostatecznie $W = 2\pi^2 c^2 m \cdot \frac{R^2}{\lambda^2} = C \cdot \frac{R^2}{\lambda^2}$.

Jeśli R wyrazimy w centymetrach, λ zaś w metrach, to chcąc otrzymać energię w MeV należy dla protonów położyć $C = 1{,}83$, dla deuteronów $C = 3{,}66$ i dla jąder helu $C = 7{,}32$.

Jon, który zbliża się już po swym torze spiralnym do brzegu elektrody, zostaje wychylony w bok przez elektrodę pomocniczą D i skierowany na zewnątrz komory. W ten sposób uzyskujemy stosunkowo bardzo silny strumień szybkich cząstek, bez porównania bardziej intensywny, niż dawany przez najsilniejszy preparat radu czy innego ciała promieniotwórczego. Tym też tłómaczy się podstawowe znaczenie cyklotronu dla rozwoju nukleoniki.

Największy czynny cyklotron uruchomiony przez Lawrence'a w Kalifornii*), posiada następujące dane: $R = 75$ cm, waga elektromagnesu 220 ton, energia protonów wynosi 8 MeV, deuteronów — 16 MeV, sztucznych cząstek α — 32 MeV. Koszt budowy wyniósł około 200 000 dolarów. Natężenie prądu deuteronów wynosi 200 μA. W budowie jest cyklotron o średnicy pola magnetycznego $2R = 470$ cm i o wadze elektromagnesu 4900 ton; ma on dawać cząstki α o energii rzędu 100 MeV.

W r. 1940 Stany Zjednoczone rozporządzały około 20 cyklotronami czynnymi lub w budowie; we wszystkich innych krajach razem liczba cyklotronów nie sięgała dziesięciu. Dzisiaj liczba cyklotronów w Stanach Zjednoczonych jest zapewne jeszcze większa.

Dodatkową trudnością w budowie cyklotronów na energię cząstek rzędu 100 MeV jest zaznaczający się już wyraźnie przyrost masy, powodujący rozstrojenie rezonansu pomiędzy częstotliwością drgań pola elektrycznego a częstotliwością obiegów cząsteczki. Jeśli chodzi o elektrony, wpływ zmienności masy zaznacza się u nich przy tak stosunkowo niskich energiach (nie można pogardzać zmiennością masy elektronu już dla energii rzędu 10 keV), że cyklotron nie nadaje się do ich rozpędzania. Problem uzyskiwania intensywnych wiązek elektronów o dużej energii został rozwiązany dopiero w r. 1941 przez tzw. betatron fizyka amerykańskiego Kersta. W r. 1945 zapoczątkowane zostało równocześnie przez fizyka amerykańskiego Mac Millana i przez fizyka radzieckiego Wekslera inne urządzenie, tzw. synchrotron. Zarówno betatron, jak i synchrotron są do pewnego stopnia analogiczne do cyklotronu; w budowie są urządzenia, które pozwolą otrzymać elektrony o energii rzędu 1000 MeV.

*) W pracowni uniwersyteckiej w Berkeley.

10. Chemia jądrowa.

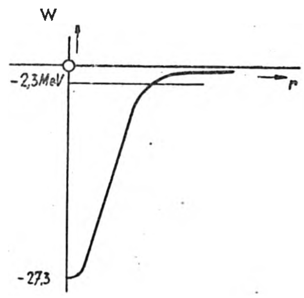
Zastosowanie sztucznie wytwarzanych cząstek o dużej energii do bombardowania jąder atomowych przyniosło bardzo szybki rozwój nukleoniki, a przede wszystkim jej działu, który można by nazwać chemią jądrową, czy transmutacyjną. Znamy już dzisiaj około 1000 różnych reakcji jądrowych; wspomnimy tu tylko o najważniejszych ich typach.

Bardzo często spotykamy się z wypadkiem, kiedy na skutek reakcji jądrowej powstaje pierwiastek nietrwały, sztucznie promieniotwórczy. Znamy dzisiaj około 300 typów jąder sztucznie promieniotwórczych; jądra te w olbrzymiej większość wysyłają promienie β^- lub β^+ (elektrony lub pozytrony). Badanie promieniotwórczości tych jąder rzuca dużo światła na całe niewystarczająco jeszcze dzisiaj opracowane przez teorię zagadnienie promieniowania β. Różne typy reakcji rozróżniamy według cząstek wywołujących reakcję i cząstek wyrzuconych z jąder w czasie reakcji. Cząstki dla uproszczenia oznaczamy symbolami: α (jądro helu), p (proton), n (neutron), d (deuteron), γ (foton promieniowania γ). Tak więc np. rekcja zapisana w skrócie: Al^{27} (α, p) Si^{30} oznacza, że jądro glinu o liczbie masowej 27, do którego wnętrza przedostała się cząstka α, wyrzuca proton i przetwarza się w jądro izotopu krzemu o liczbie masowej 30.

Fizyk włoski Fermi pierwszy zwrócił uwagę w r. 1933 na wielką skuteczność neutronów, zwłaszcza powolnych, w wywoływaniu reakcji jądrowych i wraz ze swymi uczniami zbadał działanie neutronów na większość pierwiastków. Już wtedy zwrócił on uwagę na zachowanie się uranu bombardowanego przez neutrony; do sprawy tej jeszcze powrócimy (§ 22).

11. Neutrony.

Neutron, jak już wiemy (§ 7), jest cząstką elektrycznie obojętną, nie podlega więc przy zbliżaniu się do jądra działaniu sił odpychających i dopiero w bezpośrednim sąsiedztwie jądra doznaje działania sił wewnątrzjądrowych. Energia potencjalna neutronu w polu protonu ma zatem przebieg wskazany na rys. 5. Jak widzimy, w stosunku do neutronów nie istnieje żaden wał potencjału, chroniący wnętrze jądra; tym się tłumaczy wielka skuteczność neutronów w wywoływaniu przemian jądrowych.



Rys. 5. Zależność energii potencjalnej neutronu w polu protonu od odległości między środkami obu cząstek.

Gdy neutron spadnie na dno „studni potencjału" we wnętrzu jądra, cała różnica jego energii początkowej i energii na dnie studni zostaje wyzwolona; jeśli neutron ma pozostać w jądrze, energia ta musi być oddana przez jądro nazewnątrz bądź w postaci energii kinetycznej innej cząstki wyrzuconej z jądra i pracy jej wyzwolenia z jądra, bądź też w postaci energii fotonu γ.

Jak widać z wykresu energii, można spodziewać się, że najbardziej skuteczne będą powolne neutrony, one bowiem mogą najłatwiej być związane w jądrze ze względu na najmniejszą wyzwoloną przy tym ilość energii, a również stosunkowo najdłużej znajdują się one w bliskości jądra, gdy je mijają.

W związku ze znaczeniem neutronów dla fizyki jądra należy powiedzieć pare słów o źródłach neutronów. Neutronów swobodnych nie spotykamy na ogół w przyrodzie (co prawda w promieniowaniu kosmicznym na poziomie morza istnieje pewien ułamek neutronów, jest ich jednak zbyt mało dla jakichkolwiek zastosowań do reakcji jądrowych). Źródłem ich są więc reakcje jądrowe. Pierwszym źródłem neutronów była reakcja Be^9 (α, n) C^{12}, lub w postaci bardziej rozwiniętej: ${}_4Be^9 + {}_2He^4 \rightarrow {}_6C^{12} + {}_0n^1$. W zapisie tego rodzaju

traktujemy neutron jako jądro o liczbie porządkowej 0 i liczbie masowej 1. Cząstki α, używane w tej reakcji, zaobserwowanej przez Bothego i Beckera, pochodzą z preparatu polonu. Reakcja ta do dzisiaj używana jest w laboratoriach jako źródło neutronów; daje ona neutrony o różnych energiach, dochodzących do 13,7 MeV.

Jedną z najbardziej wydajnych reakcji dających neutrony jest reakcja D^2 *(d,n)* He^3, czyli: ${}_1D^2 + {}_1D^2 \rightarrow {}_2He^3 + {}_0n^1$. Reakcja ta polega na bombardowaniu jakiegoś preparatu ciężkiego wodoru deuteronami o energii zazwyczaj rzędu paruset keV. Daje ona szybkie neutrony o energii rzędu 2,5 MeV. Inną reakcją, lepiej nadającą się, gdy rozporządzamy deuteronami o dużej energii, jest: Li^7 *(d,n)* He^4; daje ona stosunkowo duże ilości szybkich neutronów o energii 13.6 MeV. Powolne neutrony otrzymujemy z neutronów szybkich, wykorzystując ich stratę energii przy zderzeniach sprężystych z napotkanymi jądrami. Nie każde jądro trafione przez neutron ulega przemianie. Część jąder trafionych odrzuca z powrotem neutrony, przy czym zderzenie jądra z neutronem ma zwykle charakter sprężysty, choć zdarzają się i zderzenia niesprężyste. Przypomnimy tu, że światem atomów rządzą prawa typu statystycznego: określone jest tylko prawdopodobieństwo schwytania neutronu przez trafione jądro; które jądro schwyta neutron, a które ulegnie zderzeniu sprężystemu — tego nam prawa podstawowe nie mówią; jest to typowe zdarzenie niezdeterminowane.

Z praw zachowania energii i pędu, które muszą być spełnione przy zderzeniu sprężystym (mówimy tu, oczywiście, o prawach tych w sensie uogólnionym, z uwzględnieniem zmian masy), wynika, że przy zderzeniu sprężystym ze stosunkowo bardzo wolno poruszającym się jądrem neutron traci tym większy ułamek swej energii im bliższy jedności jest stosunek mas jądra i neutronu. Wynika stąd natychmiast, że neutrony przechodzące przez warstwę materii, która zawiera lekkie jądra, ulegną wybitnemu zwolnieniu; gdy warstwa materii będzie dostatecznie gruba, neutrony utracą wskutek zderzeń całą niemal swą energię i pozostanie im średnio tylko energia równa średniej energii kinetycznej bezładnego ruchu cieplnego drobin materii. Trafione po drodze jądra również ulegną sprężystym zderzeniom z innymi i w ten sposób cała nadwyżka energii neutronów zamieni się w ciepło. Bardzo powolne neutrony otrzymywane w ten sposób nazywamy **neutronami termicznymi**; średnia ich energia kinetyczna wynosi w temperaturze pokojowej 0 028 eV.

Ponieważ proton posiada masę niemal równą masie neutronu, wodór najbardziej skutecznie zwalnia neutrony. Neutron przy zderzeniu z protonem oddaje mu średnio 60% swej energii, a wobec tego bardzo szybko traci swą energię, przebywając warstwę wodoru lub ciała zawierającego wodór.

Weźmy dla przykładu pod uwagę neutron o energii początkowej 5 MeV. Poniższa tabliczka podaje przeciętną energię takiego neutronu po doznaniu szeregu zderzeń z protonami:

Liczba zderzeń	0	1	2	3	6	9	12
Energia neutronu (MeV)	5	2	0,8	0,3	0,18	0,001	0,0001

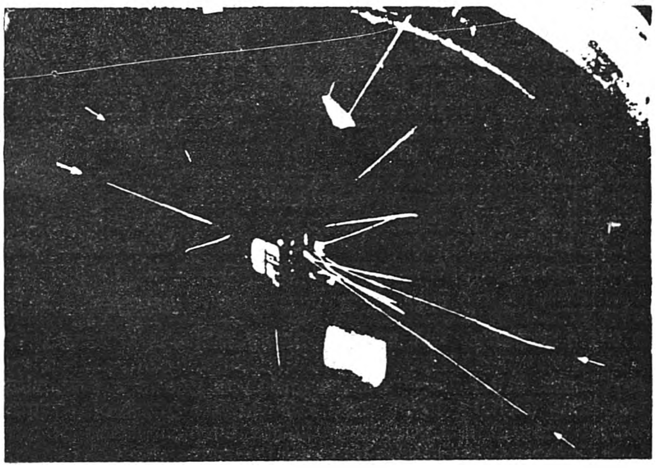
Jak widać stąd, wystarczy około dwudziestu zderzeń, by neutron utracił całkowicie swą nadwyżkę energii i stał się neutronem termicznym.

Im jądro jest cięższe, tym mniej jest skuteczne w zwalnianiu neutronów, ale jeszcze tylko około 200 zderzeń z jądrami węgla zahamowuje neutrony o energii 1 MeV do prędkości, odpowiadającej przeciętnej energii ruchu cieplnego. Jeśli chodzi o samo tylko zwolnienie neutronów, wodór nie jest najlepszym ciałem ze względu na to, że przy zderzeniach pewien ułamek neutronów zostaje związany z protonami, tworząc deuterony. Najlepiej nadawałby się do zwalniania neutronów ciężki wodór, którego jądra tylko zwalniają neutrony. Nieco gorzej nadaje się hel, ale jeszcze beryl i, jak wspomnieliśmy, węgiel również nadają się do zwalniania neutronów.

12. Bilanse energetyczno-masowe reakcji jądrowych.

Reakcje jądrowe nadają się bardzo dobrze do sprawdzania uogólnionej zasady zachowania energii. Jeśli mianowicie do badania reakcji jądrowych zastosujemy komorę Wilsona, wówczas można w sprzyjających warunkach uzyskać fotografię zderzenia jądrowego przy którym nastąpiła reakcja. Klasyczny przykład takiej reakcji daje rys. 6, przedstawiający fotografię reakcji

$$Li^7_3 + H^1_1 = 2\,He^4_2\,.$$



Rys. 6. Rozbicie jądra ciężkiego izotopu litu przez proton (jądro wodoru) na dwa jądra helu.

Jądro ciężkiego izotopu litu, do którego wnętrza przedostał się proton, rozpada się na dwie cząstki α, których tory widzimy na fotografii. Napiszmy bilans energetyczny tej reakcji. Energię cząstek α można stosunkowo bardzo dokładnie (z dokładnością do 0,1 MeV) określić z długości jej toru. Naładowane cząstki, przebiegając przez materię, bardzo szybko tracą swą energię na jonizację napotkanych po drodze atomów; jonizacja nagle ustaje, gdy energia spadnie do wartości rzędu 20—30 eV. Tym się tłumaczy, że np. w powietrzu pod ciśnieniem normalnym istnieje dokładnie zbadany związek pomiędzy energią cząstki α a długością jej toru.

Zacznijmy od bilansu samych mas. Masy cząstek, biorących udział w reakcji, są nam znane bardzo dokładnie z pomiarów wykonanych przy pomocy spektrografu masowego. Mamy zatem po lewej stronie

$$7{,}01818 + 1{,}00813 = 8{,}02631.$$

Po prawej stronie znajdujemy:

$$2 \,.\, 4{,}00389 = 8{,}00778,$$

a więc o 0,01853 atomowych jednostek masy mniej. Jak widzimy, występuje bardzo wyraźny niedobór masy i odpowiadać mu musi wywiązanie równoważnej energii. Według naszego zmiennika (§ 5) jednostka masy odpowiada $9{,}32 \,.\, 10^2$ MeV, a zatem nasz niedobór masy oznaczać musi, że wywiązała się energia:

$$0{,}01853 \,.\, 9{,}32 \,.\, 10^2 \text{ MeV} = 17{,}27 \text{ MeV}.$$

Otóż z drugiej strony pomiar energii cząstek α wykazuje, że każda z nich ma energię 8.6 MeV, a więc razem mają one energię 17,2 MeV, co odpowiada w granicach dokładności pomiarów przewidywaniom. W bilansie energii pominięto energię protonów, gdyż reakcję tę możemy wywołać już przy pomocy protonów o energii kilkudziesięciu keV, o co można nie dbać w granicach dokładności pomiarów.

Energetyczne bilanse reakcji mogą być użyte do bardzo dokładnego wyznaczenia mas jąder; energie cząstek, biorących udział w reakcji, można wyznaczyć z dokładnością do 0,1 MeV, co odpowiada 0,0001 jednostek atomowych masy. Poniżej podajemy najdokładniejsze dzisiaj wartości mas kilku najlżejszych jąder:

H^1	1,00813	Li^6	6,01690
n^1	1,00893	Li^7	7,01818
D^2	2,01472	Be^8	8,00777
H^3	3,01704	Be^9	9,01497
He^3	3,01701	Be^{10}	10,01605
He^4	4,00389	Be^{11}	11,01286.

Są to masy odpowiednich atomów, a nie jąder. W bilansach energii nie gra to roli, gdyż równania reakcji muszą spełniać zasadę zachowania ładunku — suma ładunków po stronie lewej musi być równa sumie ładunków po stronie prawej. Ale atom ma tyle elektronów, ile wynosi ładunek jądra, wyrażony w ładunkach elementarnych, a więc biorąc masy atomów zamiast mas jąder dodajemy po obu stro-

nach równania te same liczby elektronów. Tylko gdy chodzi o sztuczną promieniotwórczość β mogą powstać pewne wątpliwości, ale i tu przy zachowaniu pewnej ostrożności można posługiwać się masami elektrycznie obojętnych atomów.

13. Sprawność reakcji jądrowych.

Sprawność reakcji jądrowych jest bardzo mała, co wynika z bardzo małych przekrojów czynnych jąder na związanie cząstek bombardujących. Rzeczywisty przekrój jądra waha się od $6{,}9 \cdot 10^{-26}$ cm^2 (proton) do $2{,}4 \cdot 10^{-24}$ cm^2 (dla uranu). Przekrój czynny dla cząstek naładowanych, o energii przekraczającej wysokość wału potencjału, jest średnio dziesięciokrotnie mniejszy; dla cząstek naładowanych, o energii dorównującej wysokości wału potencjału, przekrój ten jest jeszcze mniejszy i szybko maleje w miarę zmniejszania się energii cząstki. Dla powolnych neutronów przekroje czynne mogą być w niektórych wypadkach o wiele większe. Tak np. przeciętny przekrój czynny jądra kadmu na wiązanie neutronów termicznych jest $2900 \cdot 10^{-24}$ cm^2, boru $510 \cdot 10^{-24}$ cm^2, a gadolinu (jedna z tzw. ziem rzadkich) $50000 \cdot 10^{-24}$ cm^2. Tak wielkie przekroje czynne trudno zrozumieć z punktu widzenia korpuskularnego: neutron doznaje przecież działania sił jądrowych dopiero w bezpośrednim sąsiedztwie jądra. Ale neutron posiada również i własności falowe; fale materii, odpowiadające neutronom termicznym, mają długość rzędu 10^{-8} cm; gdy trafiają one na przeszkodę w postaci jądra, rozchodzenie się fal może być zakłócone, zwłaszcza wówczas, gdy energia neutronu odpowiada jednej z możliwych wartości energii jądra, gdy więc mamy do czynienia z tzw. rezonansem neutronowym (§ 25). Tym rezonansem tłumaczą się anormalnie duże przekroje czynne niektórych jąder wobec neutronów. Dla powolnych cząstek naładowanych wał potencjału chroniący wnętrze jądra jest przeszkodą nie do pokonania.

Przy obliczaniu sprawności reakcji trzeba brać pod uwagę, że cząstki naładowane nawet o dużej energii przeniknąć mogą tylko bardzo niewielką grubość jakiejkolwiek materii w stanie stałym czy ciekłym ze względu na bardzo szybką stratę energii na jonizację napotkanych atomów. Wobec tego np. cząstki α ciał promieniotwórczych naturalnych mogą przeniknąć w głąb płytki metalowej zaledwie na 0,01 mm; zrozumiałe, że sprawność reakcji jest w tych warunkach znikomo mała. Tylko wyjątkowo daje się zaobserwować sprawność rzędu 10^{-4}, to znaczy, że jedna cząstka na 10 000 wywoła daną reakcję. Najczęściej sprawności są rzędu 10^{-5} — 10^{-7}. W związku z tym stoi niemożność wykorzystania zwykłych reakcji jądrowych na skalę techniczną. Weźmy dla przykładu wspomnianą już reakcję Li^7 (p, α) He^4. Dla protonów o energii 0,4 MeV mamy sprawność 10^{-7}; dla wywołania jednej reakcji, która daje nam energię 17,2 MeV, trzeba zatem użyć 10^7 protonów o energii sumarycznej $4 \cdot 10^6$ MeV. Sprawność energetyczna reakcji wynosi więc $17{,}2/4 \cdot 10^6 = 4{,}3 \cdot 10^{-6}$, co jest oczywiście znikomo mało. Sprawności energetyczne poprawiają się przy użyciu do bombardowania cząstek o dużej energii, ale i w najkorzystniejszych warunkach uzyskać możemy dzisiaj najwyżej sprawność rzędu paru procentów. Ten wzrost sprawności wiąże się z tym, że cząstki o bardzo dużej energii mają o wiele większy zasięg, a tym samym wzrasta prawdopodobieństwo, że na swej drodze natrafią na jądro i wywołają jego przemianę, związaną z wyzwoleniem energii jądrowej.

III. BUDOWA JĄDRA ATOMOWEGO

14. Składniki jąder atomowych.

Zagadnienie budowy jądra i natury sił wewnątrzjądrowych oraz energii wewnątrzjądrowej przeszło przez parę faz. Jądra ciał promieniotwórczych wysyłają elektrony β, przypuszczano więc początkowo, że elektrony te pochodzą z jądra i w nim zatem się znajdują. Ponadto w reakcjach jądrowych, wywołanych działaniem cząstek α, obserwowano wyrzucanie z jąder protonów. Z powyższych względów do r. 1932 panował pogląd, że jądra atomowe składają się z protonów i elektronów; cząstkę α uważano za jądro, złożone z 4 protonów i 2 elektronów. Pogląd ten jednak natknął się na szereg trudności teoretycznych, np. w sprawie momentów magnetycznych jąder. Momenty te są (§ 6) tysiące razy mniejsze od momentu magnetycznego elektronu, co jest zupełnie niezrozumiałe, gdy elektrony wchodzą w skład jądra. Były i inne trudności.

Sytuacja wyjaśniła się z chwilą odkrycia neutronów w roku 1932. Pojawianie się neutronów w wyniku reakcji jądrowych świadczyło, że są one wyrzucane z jąder, a więc są cegiełkami składowymi jąder. Już zatem w r. 1932 fizyk radziecki Iwanienko i niezależnie niemiecki teoretyk Heisenberg wysunęli pogląd, że jądro atomowe składa się wyłącznie z protonów i neutronów. Pogląd ten został obszernie ugruntowany przez Heisenberga i dzisiaj stanowi podstawowe założenie teorii budowy jądra. Duże zasługi dla teorii jądra położyli następnie fizyk włoski Fermi, niemiecki Bethe oraz Bohr, twórca teorii budowy atomu.

Można ustalić pewną analogię pomiędzy budową atomu a budową jądra atomowego. Atom składa się z jądra i z krążących dokoła niego elektronów (§ 1); jądro i elektrony powiązane są siłami pola elektrycznego, a więc siłami kulombowskimi. Atom może znajdować się w różnych stanach energetycznych i, przechodząc z jednego z nich do drugiego, wysyła lub pochłania fotony. Ale fotony te nie istnieją w atomie: fotony wysyłane powstają dopiero w chwili przejścia atomu do niższego stanu energetycznego, przy czym atom trwa w stanie wyższym przez pewien skończony, choć bardzo krótki (rzędu 10^{-8} sek.) czas, a potem dopiero wyrzuca foton; analogicznie, atom pochłania foton przy przejściu ze stanu niższego w stan energetycznie wyższy, ale foton ten w atomie przestaje istnieć.

Jeśli chodzi teraz o jądro atomowe, składa się ono zatem z protonów i neutronów, związanych pomiędzy sobą siłami wewnątrzjądrowymi. Inaczej mówiąc, podobnie jak atom jest związany w jedną całość polem elektromagnetycznym, w którym kąpią się jakby jądro i elektrony, tak i jądro związane jest w całość polem sił wewnątrzjądrowych, w którym kąpią się neutrony i protony. O siłach tych wiemy narazie tyle tylko, że działają one wyłącznie na bardzo małe odległości.

Z jądra można wytrącić protony i neutrony, ale znamy przecież i elektrony oraz pozytrony pochodzenia jądrowego: promienie β^- i β^+. Otóż te elektrony i pozytrony nie zjawiają się podczas samych reakcji jądrowych, ale źródłem ich są nowe jądra powstające wskutek reakcji i pojawiają się one średnio dopiero po pewnym czasie. Czas opóźnienia emisji cząstki β może sięgać od ułamka sekundy do lat. A zatem powstające wskutek reakcji jądro jest sztucznie promieniotwórcze; jest ono w pierwszej chwili w stanie o energii wyższej niż normalnie i po pewnym czasie przechodzi w stan normalny, przy czym wybiega zeń elektron lub pozytron. Należy więc przypuścić, jak to pierwszy sformułował wyraźnie Fermi, że cząstka β powstaje właśnie w związku z przejściem jądra w stan o niższej energii, a nie istnieje we wnętrzu jądra.

Weźmy teraz pod uwagę jądro o numerze porządkowym Z i liczbie masowej A; według naszego założenia składać się ono musi z Z protonów i $A—Z$ neutronów. Gdy z jądra wyrzucony zostaje elektron ujemny, to ze względu na podstawową zasadę zachowania ładunku elektrycznego, ważną bez zastrzeżeń zawsze, ładunek jądra musi wzrosnąć o 1; nowopowstałe jądro ma więc numer porządkowy $Z + 1$, a liczbę masową tę samą A. Jądro to ma zatem $Z + 1$ protonów i $A—Z — 1$ neutronów. A więc zmiana w porównaniu z jądrem wyjściowym polega na wzroście liczby protonów o 1 i zmniejszeniu się liczby neutronów o 1. Podobnie przy emisji pozytronu rośnie liczba neutronów o 1, liczba zaś protonów maleje o jeden. Ten stan rzeczy, jak i inne fakty, o których tu nie wspominamy, nasuwają przyjęty dziś powszechnie pogląd, że protony i neutrony są to dwa stany jednej i tej samej cząstki, którą nazwiemy n u k l e o n e m. Gdy nukleon jądrowy przechodzi ze stanu neutronowego w stan protonowy, powstaje elektron, unoszący ze sobą wyzwoloną energię; podobnie, gdy nukleon ze stanu protonowego przechodzi w stan neutronowy, zostaje wyrzucony pozytron.

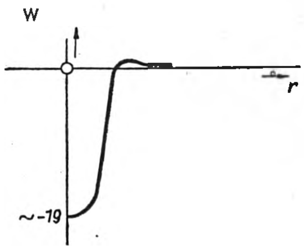
15. Siły wewnątrzjądrowe i energia wiązania jądra.

Najważniejszym zagadnieniem teorii jądra staje się teraz pole sił wewnątrzjądrowych, jego własności i natura. Siły te możemy badać dwoma sposobami: pośrednio, mierząc energie jąder o różnym składzie i znajdujących się w różnych stanach, i bezpośrednio, badając wzajemne działania nukleonów na siebie.

Tą drugą drogą poszli fizycy amerykańscy, rozporządzający urządzeniami, pozwalającymi uzyskiwać intensywne

wiązki protonów o energii kilkunastu MeV. Protony takie, przechodząc przez wodór, mogą przezwyciężyć odpychanie kulombowskie jąder wodoru (a więc również protonów) i zbliżyć się do nich na tak małą odległość, że powinno dać się wyraźnie odczuć działanie sił jądrowych. Działanie to można wykryć i poznać, badając rozkład natężeń rozproszonych przy przejściu przez warstwę wodoru protonów w zależności od kąta rozproszenia.

Mechanika falowa pozwala wyprowadzić wzór, dający tę zależność w wypadku działania samych sił kulombowskich. Doświadczenia, wykonane przez fizyków amerykańskich, wykazały, że między protonami prócz sił odpychających kulombowskich działają na małych odległościach siły przyciągające, jądrowe, zupełnie innej natury. Przebieg związanej z tymi siłami energii potencjalnej wzajemnej dwu protonów w zależności od ich odległości można przedstawić schematycznie krzywą na rys. 7. Jak widzimy, istnieje w tym wypadku głęboka studnia potencjału, ale dotychczasowe doświadczenia nad rozpraszaniem protonów przez protony nie pozwalają wyznaczyć dokładnie jej kształtu; można wyznaczyć dokładnie jedynie pole objęte krzywą na rysunku i z grubsza ocenić średnicę studni. Dopiero doświadczenia z protonami o energii o wiele większej niż stosowana dotychczas rzucą więcej światła na zależność sił jądrowych od odległości między nukleonami. Na tej drodze osiągnięto ostatnio duże postępy: w roku bieżącym (1947) ogłoszono pomiary rozpraszania protonów o energii 15 MeV na protonach.



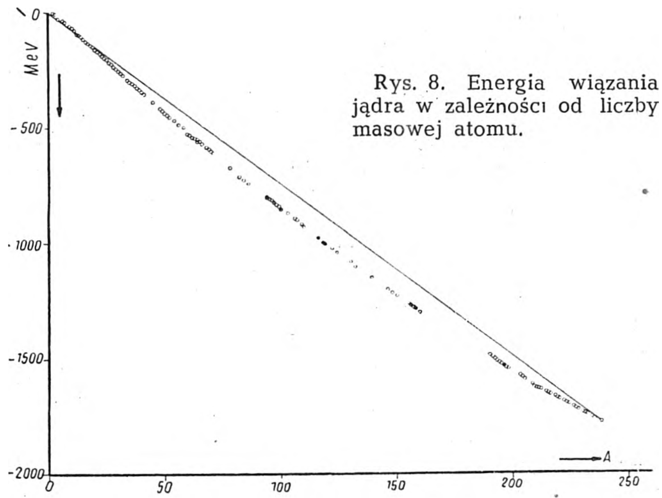
Rys. 7. Zależność energii potencjalnej dwu protonów od odległości między nimi.

Bezpośrednie zbadanie na drodze analogicznej sił między neutronami a protonami jest o wiele trudniejsze, gdyż jeszcze przed kilku laty było rzeczą bardzo trudną wytwarzanie dostatecznie intensywnej i wąskiej wiązki neutronów (dzisiaj w związku z wyzwalaniem energii jądrowej na dużą skalę sprawa ta wygląda inaczej). W każdym razie dane doświadczalne wskazują, że siły jądrowe działające między protonami i neutronami są tegoż rzędu, co i siły między dwoma protonami. Dla uproszczenia będziemy więc mówić po prostu o siłach działających między dwoma nukleonami, zakładając, że i siły między dwoma neutronami są też tego samego rzędu, na co wskazują również dokładne pomiary mas jąder.

Weźmy mianowicie pod uwagę atom o numerze porządkowym Z i liczbie masowej A, który składa się z Z protonów oraz $A - Z$ neutronów. Ponieważ w atomowych jednostkach masy masa atomu wodoru wynosi 1,00813, masa zaś neutronu 1,00895, masa naszego atomu powinna wynosić:

$$Z \cdot 1{,}00813 + (A - Z) \cdot 1{,}00895 =$$
$$A \cdot \left(1 + 0{,}00895 - \frac{Z}{A} \cdot 0{,}00082\right),$$

a zatem powinna przewyższać liczbę masową o nie całe 9 ‰. Pomiary mas atomów wykazują jednak, że dokładna masa atomu jest nawet nieco mniejsza od liczby masowej; tylko dla najlżejszych i najcięższych atomów masa jest nieco większa od liczby masowej. A zatem wszystkie atomy wykazują niedobór masy, rzędu 0,85%. Taki niedobór jest zupełnie zrozumiały z punktu widzenia równoważności energii i masy. Jeśli mamy do czynienia z jakimkolwiek jądrem, jest ono silnie związane siłami wewnątrzjądrowymi. By jądro to rozdzielić na składowe nukleony, trzeba wykonać pracę przeciw tym siłom, a zatem energia rozdzielonych nukleonów jest większa od energii tych nukleonów związanych w jądrze. Tej nadwyżce energii odpowiada nadwyżka masy: suma mas składowych nukleonów musi być zatem większa od masy jądra. Niedobór masy jest więc po wyrażeniu go w jednostkach energii miarą energii wiązania. Ponieważ, okrągło biorąc, atomowa jednostka masy jest równa 1000 MeV (§ 5), więc niedobór masy wynosi, z grubsza biorąc, nieco ponad $8A$ MeV. Jest to wynik bardzo ważny; świadczy on o tym, że energia wiązania jest z grubsza proporcjonalna do liczby nukleonów w jądrze; średnia energia wiązania na jeden nukleon wynosi, okrągło licząc, 8 MeV. Wyraźne odstępstwa od tej reguły występują dla najlżejszych i najcięższych jąder. W deuteronie energia wiązania jednego nukleonu wynosi zaledwie 1 MeV; w jądrach najcięższych średnia energia wiązania jednego nukleonu spada do około 7,7 MeV, a więc



Rys. 8. Energia wiązania jądra w zależności od liczby masowej atomu.

jądra te są słabiej związane od jąder lżejszych. Wynika stąd od razu, że łatwiej jest jądro najcięższe rozbić i łatwiej jest nukleonowi wydostać się z jego wnętrza.

Rys. 8 przedstawia zmierzone wartości energii wiązania jąder w MeV w zależności od liczby masowej. Dla najcięższych jąder całkowita energia wiązania jest rzędu 2000 MeV.

16. Objętość jądra i charakter sił wewnątrzjądrowych.

Dalsze światło na siły wewnątrzjądrowe rzucają nam dane co do rozmiarów jąder atomowych. Średnice jąder można określać z badań nad rozpraszaniem cząstek α (i neutronów) przez nie; zapoczątkował te badania Rutherford jeszcze w r. 1911. Im cząstka α bardziej zbliży się do jądra, tym bardziej zboczy ze swej drogi pod działaniem kulombowskiego odpychania jądra (cząstki α w kulombowskim polu jądra poruszają się po hyperbolach); ale dla największych kątów odchyleń liczby cząstek odchylonych nie zgadzają się z tymi, których należy oczekiwać na skutek działania sił kulombowskich. Ujawnia się tu wpływ sił wewnątrzjądrowych i z danych doświadczalnych można wywnioskować, jaki jest obszar działania tych sił, który utożsamiamy w przybliżeniu z jądrem. Takie przypisanie ostrej granicy jądru jest możliwe tylko dlatego, że siły wewnątrzjądrowe maleją bardzo szybko ze wzrostem odległości. Dane doświadczalne prowadzą do wniosku, że objętość jądra jest proporcjonalna w przybliżeniu do liczby masowej A: $V = C.A$. Jeśli jądro uważać będziemy za kulę o promieniu R, to wobec tego $R = d.A^{1/3}$, gdzie $d = 1{,}42 \cdot 10^{-13}$ cm.

Fakt, że energia wiązania jądra i jego objętość są proporcjonalne do liczby nukleonów w jądrze, nasuwa analogię do stosunków, jakie spotykamy w kropli cieczy. Kropla posiada określoną objętość, proporcjonalną do swej masy, a więc i do liczby zawartych w niej drobin. Innymi słowy, ciecz posiada określoną stałą gęstość. Na rozdzielenie drobin, to znaczy na odparowanie kropli, musimy zużyć energię cieplną również w ilości proporcjonalnej do liczby drobin w kropli. Energii wiązania jądra odpowiada ciepło skroplenia, wydzielane przy tworzeniu się kropli z pary. I w bryłce ciała stałego napotykamy podobne stosunki, ale bryłka taka posiada budowę makro- lub mikrokrystaliczną, a więc atomy są w niej ułożone w sposób prawidłowy, podczas gdy w jądrze raczej należy zakładać brak uporządkowania nukleonów, a więc analogię do stosunków panujących w cieczy.

Proporcjonalność ciepła skroplenia kropli cieczy oraz objętości kropli do ilości drobin w kropli wynikają z charakteru sił międzydrobinowych. Są to tzw. siły van der Waalsa, działające tylko na bardzo małych odległościach i bardzo szybko malejące w miarę wzrostu odległości między drobinami. Każda drobina cieczy podlega działaniu

tylko drobin sąsiednich, zawartych w „sferze działania" danej drobiny. Wobec tego średnia energia wiązania przypadająca na drobinę jest zupełnie określona i nie zależy od objętości kropli. Inaczej byłoby, gdyby w miarę wzrostu odległości drobin siły międzydrobinowe malały powoli tylko; wówczas nie można by mówić o określonej sferze działania i energia wiązania zależałaby od liczby par drobin w kropli, a więc rosłaby o wiele szybciej, niż liczba drobin. Analogia pomiędzy jądrem atomowym a kroplą cieczy jest więc wywołana przez to, że siły wewnątrzjądrowe przypominają siły van der Waalsa tym, że mają bardzo mały zasięg, mały nawet w porównaniu z wymiarami jądra (zwłaszcza cięższego), inaczej mówiąc, że bardzo szybko maleją w miarę wzrostu odległości między nukleonami, co pozwala mówić o sferze działania tych sił.

17. Dokładniejsza analiza energii wiązania jąder.

Rozpatrzmy jeszcze nieco dokładniej energię wiązania jądra, zawierającego A nukleonów, w tym Z protonów. Przypuścimy, że nukleony są kulami, ułożonymi możliwie najciaśniej; wtedy każda kula styka się z dwunastu innymi. Obliczając energię wiązania jądra, trzeba uwzględnić działania tylko między wziętym pod uwagę nukleonem i jego bezpośrednimi sąsiadami. Będziemy zakładali w dalszym ciągu, że siły wewnątrzjądrowe nie zależą od stanu nukleonu, a więc od tego, czy jest on protonem, czy neutronem. Oznaczmy przez — W_0 energię potencjalną wiązania dwu sąsiadujących bezpośrednio ze sobą nukleonów. Dla wiązania każdej z 12 par nukleonów, które należy brać pod uwagę, połowa energii przypada na nukleon środkowy, połowa — na nukleon stykający się z nim. A zatem całkowita energia wiązania przypadająca na nasz wzięty pod uwagę nukleon wynosi — 6 W_0. Całkowita energia wiązania jądra wynosi zatem — 6 $W_0 A$. Ale musimy tu uwzględnić dwie ważne poprawki. Podobnie jak kropla cieczy, tak i nasze jądro „kroplowe" posiada powierzchnię, na której występuje odpowiednik napięcia powierzchniowego cieczy. Każdy z nukleonów na powierzchni jądra styka się bezpośrednio tylko z sześciu innymi, leżącymi w głębi cieczy, po drugiej zaś stronie powierzchni nie ma już nukleonów. Wynika stąd, że na nukleon powierzchniowy przypada energia wiązania mniejsza, wynosząca tylko — 3 W_0; na każdy nukleon powierzchniowy mamy więc niedobór ujemnej energii wiązania, wynoszący 3 W_0. Oznaczmy średnią odległość pomiędzy nukleonami w jądrze przez a; wówczas grubość warstwy powierzchniowej jądra jest równa a. Jeśli promień jądra oznaczymy przez R, to objętość warstwy powierzchniowej jest $4\pi R^2 a$. Wobec tego zawiera ona $\frac{4\pi R^2 a}{4/3\pi R^3} \cdot A = \frac{3a}{R} \cdot A$ nukleonów. A więc poprawka energii ze względu na „napięcie powierzchniowe" jądra wynosi $+ 9 \frac{a}{R} \cdot A W_0$. Musimy ponad to uwzględnić jeszcze energię potencjalną kulombowskich sił wzajemnego odpychania sie protonów. Można by ją wyliczyć, biorąc pod uwagę, że w jądrze mamy Z protonów, a więc $\frac{Z(Z-1)}{2}$ par protonów, i obliczając średnią energię jednej pary. Prościej i z wystarczającą dokładnością obliczymy jednak tę energię, zakładając, że ładunek Ze jądra rozkłada się równomiernie w całej jego objętości, że jądro stanowi zatem kulę, której ładunek rozłożony jest ze stałą gęstością objętościową. Energia potencjalna takiej kuli wynosi według wzoru wyprowadzonego w elektrostatyce $\frac{3}{5} \frac{Z^2 e^2}{R}$, gdzie R oznacza znów promień kuli. A zatem całkowita energia wiązania jądra wynosi

$$W = -6 W_0 A + 9 \frac{a}{R} W_0 A + \frac{3}{5} \frac{Ze^2}{R};$$

średnia energia wiązania na jeden nukleon wynosi zatem

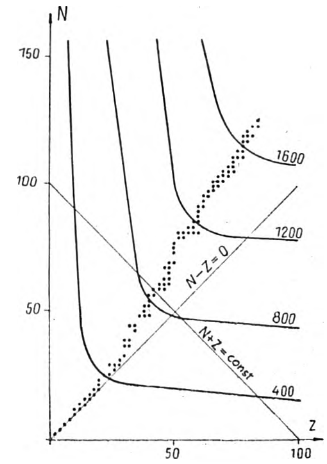
$$W_1 = \frac{W}{A} = -6 W_0 + \frac{9a}{R} W_0 + \frac{3}{5} \frac{Z^2 e^2}{AR}.$$

Ponieważ $R \cong A^{1/3}$ oraz $Z \cong A$, mamy ostatecznie:

$$W_1 = -w_1 + w_2 A^{-1/3} + w_3 A^{2/3},$$

gdzie w_1, w_2 i w_3 oznaczają pewne stałe

Dane, dotyczące energii wiązania wszystkich znanych jąder, można przedstawić dokładniej, niż na rys. 8, przy pomocy tzw. powierzchni energii. Powierzchnię tę budujemy w sposób następujący. W płaszczyźnie poziomej na dwu do siebie nawzajem prostopadłych osiach odkładamy liczbę protonów w jądrze Z i liczbę neutronów w jądrze $N = A - Z$. Dla każdego znanego trwałego czy promieniotwórczego jądra odkładamy pod tą płaszczyzną poziomą jego ujemną energię wiązania, równoważną niedoborowi masy, znanemu z danych doświadczalnych. Powierzchnia energetyczna otrzymana w ten sposób przedstawiona jest warstwicowo na rys. 9.



Rys. 9. Warstwicowy obraz powierzchni energetycznych (energia wiązania jądra w zależności od liczby protonów i liczby neutronów w jądrze).

Jak widać z warstwic, powierzchnia energetyczna stanowi rodzaj wąwozu czy rynny, opadającej ku dołowi w miarę wzrostu N i Z. Na dnie rynny leżą jądra najtrwalsze o największym niedoborze masy, na jej bokach wznoszących się ku górze rozmieszczone są jądra nietrwałe o sztucznej promieniotwórczości. W jądrach najtrwalszych mamy w miarę wzrostu liczby masowej coraz większą nadwyżkę protonów nad neutronami ($N - Z = A - 2Z$); dla uranu $N - Z = 46$; w najlżejszych jądrach $N = Z$. Powstanie nadwyżki neutronów jest jakościowo jasne. W ciężkich jądrach mamy znaczne ilości protonów; ich siły wzajemnego odpychania rozsadzają jądro, trzeba je więc skompensować pewną nadwyżką neutronów, która prowadzi do zwiększenia energii wiązania jądra. Dla najlżejszych jąder trwałych mamy $N = Z$; dla jąder tych wpływ sił kulombowskich jest stosunkowo słaby, wnioskujemy stąd zatem, że w nieobecności ładunków elektrycznych jądra najsilniej związane miałyby $N = Z$. Wyciągamy stąd z kolei wniosek, że siły wewnątrzjądrowe między neutronami a protonami muszą być nieco większe od sił tej samej natury, działających między dwoma protonami czy też dwoma neutronami. Założenie takie stanowi już nieco lepsze przybliżenie w porównaniu z naszym pierwotnym założeniem, że z punktu widzenia sił wewnątrzjądrowych jest rzeczą obojętną, czy mamy do czynienia z neutronem, czy z protonem.

Jeżeli przetniemy powierzchnię energii płaszczyzną $N + Z = A =$ const., wzdłuż linii przecięcia ułożą się tzw. izobary. Linie te mają w przybliżeniu kształt parabol, dla lekkich jąder osią ich symetrii będzie prosta przecięcia płaszczyzny tej z płaszczyzną $N - Z = 0$. Wyciągamy stąd wniosek, że przy niedbaniu o siły kulombowskie możemy energię wiązania na jeden nukleon ująć przybliżonym wzorem:

$$w_1 = 6 \,.\, W_0 \,.\, \left\{ 1 - \gamma \frac{(N-Z)^2}{(N+Z)^2} \right\}$$

Jest to równanie paraboli przecięcia o osiach w_1 i $(N-Z)/(N+Z)$; ponieważ w_1 zależy tylko od stosunku N/Z, dzielimy $(N-Z)$ przez $(N+Z)$. Ostatecznie zatem nasz wzór na energię wiązania należy w drugim przybliżeniu napisać w postaci:

$$W_1 = -6 W_0 \,.\, \left\{ 1 - \gamma \frac{(N-Z)^2}{(N+Z)^2} \right\} + 9 \frac{a}{R} W_0 + \frac{3}{5} \frac{Z^2 e^2}{A \,.\, R}.$$

Dane doświadczalne pozwalają wyznaczyć wartości stałych, figurujących w tym wzorze, tak, że przybiera on postać liczbową następującą (W_1 wyrażone w MeV):

$$W_1 = -14.66 \left\{ 1 - 1{,}40 \,.\, \left(\frac{A-2Z}{A} \right)^2 \right\} + 15{,}4\, A^{-1/3} + $$
$$+ 0{,}602\, A^{-4/3} Z^2.$$

Najtrwalsze jądra znajdziemy stąd przy stałym A z warunku $\frac{dW_1}{dZ} = 0$.

18. Analogia pomiędzy siłami wewnątrzjądrowymi a siłami chemicznymi.

Dokładna analiza energii wiązania izotopów trwałych ujawnia pewne dalsze cechy sił wewnątrzjądrowych. Oka-

zuje się mianowicie, że najsilniej związane są jądra o parzystej liczbie i neutronów i protonów; odwrotnie, najsłabiej związane są jądra o nieparzystej liczbie i protonów i neutronów; jądra takie są z nielicznymi wyjątkami nietrwałe. Pośrednie stanowisko zajmują jądra parzysto-nieparzyste (parzyste Z i nieparzyste N lub odwrotnie).

Ten stan rzeczy prowadzi do pewnej modyfikacji poglądów na charakter sił wewnątrzjądrowych. Rozważania oparte na mechanice falowej prowadzą do wniosku, że siły wewnątrzjądrowe przypominają swym charakterem te siły (będziemy je nazywać chemicznymi), które wiążą ze sobą atomy w drobinie. Siły chemiczne wykazują pewną podstawową cechę charakterystyczną, a mianowicie ulegają one wysyceniu. Np. w drobinie wody H_2O mamy atom tlenu związany z dwoma atomami wodoru; wartościowość tlenu jest wysycona, a więc nie może on już wiązać dalszych atomów. Analogiczna sytuacja panuje w jądrze. Dokładne dane co do energii wiązania jąder wskazują na to, iż każdy proton może wiązać conajwyżej dwa neutrony i, odwrotnie, każdy neutron dwa protony. Tym się tłumaczy rola liczby dwa w budowie jądra i wyróżnienie jąder parzysto-parzystych; w jądrach tych mianowicie wszystkie „wartościowości" protonów i neutronów zostają wyzyskane.

Szczególnie silnie związane jest jądro helu (cząstka α). Energia jego wiązania wynosi aż 28,2 MeV; związanie dwu protonów i dwu neutronów w cząstkę α jest więc energetycznie bardzo korzystne. Tym się tłumaczy wyrzucanie cząstek α przez jądra promieniotwórcze. Cząstka α tworząca się w jądrze ma do rozporządzenia dużą energię kinetyczną, która w słabiej związanych ciężkich jądrach pozwala jej wydostać się „tunelowo" z jądra.

Siły chemiczne wywodzą się, jak wykazuje mechanika falowa, z pola kulombowskiego pomiędzy elektronami i jądrami atomów. Weźmy najprostszą drobinę, H_2; mamy w niej dwa atomy wodoru związane właśnie siłami chemicznymi. Każdy atom jest z punktu widzenia mechaniki falowej układem stojących fal materii, ale w drobinie wodoru mamy dwa układy takie, identyczne i działające jeden na drugi siłami przyciągania elektrycznego. W tych warunkach występuje zjawisko rezonansu, które spowoduje periodyczne narastanie i słabnięcie drgań każdego z układów — podobnie jak to obserwujemy w znanym doświadczeniu z dwoma jednakowej długości wahadłami. Tego rodzaju zmiany amplitud drgań można opisać w następujący sposób: układ dwu atomów wykonuje właściwie dwa drgania o stałych amplitudach, lecz różnych częstotliwościach, nakładające się na siebie. Częstotliwość jednego z tych drgań jest nieco większa od częstotliwości drgań każdego z układów branych oddzielnie, częstotliwość drugiego nieco mniejsza. Ponieważ w mechanice falowej częstotliwościom drgań fal materii odpowiadają ustalone energie układów, drobina może zatem istnieć w dwu określonych stanach energetycznych. Gdy zbadamy zależności energii tych stanów od odległości pomiędzy atomami, okazuje się, że jeden z nich odpowiada przyciąganiu się atomów, a więc tworzeniu się drobin, drugi odpychaniu, a więc nie ma znaczenia dla wytłumaczenia sił chemicznych. Siły chemiczne wprowadzone w ten sposób okazują wysycenie takie właśnie, jakiego wymaga ich charakter. Wysycenie to wiąże się z tym, że kręty dwu elektronów drobiny H_2 muszą mieć zwroty wprost przeciwne.

Zobaczmy jeszcze, jak wyglądają siły chemiczne w obrazie korpuskularnym; weźmy dla uproszczenia jon H_2^+, a więc dwa protony i jeden tylko elektron. Otóż elektron ten może być równie dobrze związany z jednym, jak i z drugim protonem; w zjonizowanej drobinie wodoru elektron ten wędruje od jednego protonu do drugiego. W ten sposób następuje wymiana pędu i energii pomiędzy dwoma atomami, z których składa się drobina — ale zmiana pędu atomu jest równoważna działaniu siły. A więc siły wiążące drobinę H_2^+ mogą być nazwane siłami wymiennymi, gdyż uwarunkowane są przez ciągłą wymianę elektronu pomiędzy jej atomami.

Pole kulombowskie można też, jak pokazał Dirac, rozpatrywać jako pole sił wymiennych. Weźmy pod uwagę np. dwa elektrony w ruchu; każdy z nich znajduje się w elektromagnetycznym polu drugiego i podlega działaniu sił tego pola. Tak więc wzajemne działanie elektronów na siebie odbywa się za pośrednictwem pola elektromagnetycznego. Ale sprzężenie elektronów z polem elektromagnetycznym oznacza z punktu widzenia korpuskularnego możliwość emitowania przez jeden z elektronów fotonu, który zostaje pochłonięty przez drugi. W związku z tym siły wzajemnego oddziaływania na siebie elektronów dają się sprowadzić do wymiany pędu za pośrednictwem „wirtualnych" (możliwych) fotonów. W analogiczny sposób można też opisać i statyczne pole kulombowskie między elektronami. Fotony wirtualne nie są czymś rzeczywiście istniejącym — jest to tylko możliwość opisu; energia, wyzwalająca się przy przejściach atomu z jednego stanu energetycznego do drugiego, ujawnia się już jednak w istnieniu fotonów rzeczywistych. Fotony wirtualne można nazwać korpuskularnym ujęciem pola elektromagnetycznego.

19. Teoria pola sił wewnątrzjądrowych: mezony.

Fermi pierwszy spróbował zastosować powyższy sposób opisu wzajemnych działań cząstek na siebie do wyjaśnienia natury sił wewnątrzjądrowych. Siły te nie dadzą się sprowadzić do pola elektromagnetycznego; Fermi założył zatem istnienie specjalnego pola, którego korpuskularnym ujęciem były u niego pary wirtualnych cząstek — elektronów i tzw. neutrynów, do których za chwilę powrócimy, omawiając teorię promieni β.

Teoria Fermiego nie dała wprawdzie zadawalających wyników, myśl jej przewodnia została jednak w roku 1935 przejęta w zmodyfikowanej formie przez japończyka Yukawę, który założył, że siły wewnątrzjądrowe z punktu widzenia korpuskularnego sprowadzają się do wymiany pędu pomiędzy nukleonami za pośrednictwem hipotetycznych wirtualnych cząstek o masie pośredniej między masami protonu a elektronu. Cząstki te nazwano później **m e z o n a m i**. Yukawa zakładał istnienie mezonów dodatnich i ujemnych; gdy proton wysyła mezon dodatni, staje się neutronem, gdy neutron wysyła mezon ujemny — staje się protonem. Mezonowi należało przypisać masę około 200 razy większą od masy elektronu, by wytłumaczyć bardzo mały zasięg sił wewnątrzjądrowych; ponad to należało mu przypisać kręt równy $h/2\pi$.

Teoria Yukawy wyglądała początkowo bardzo abstrakcyjnie, jednak już w 1936 r. zwróciła ona na siebie powszechną uwagę, gdyż w roku tym wykryto dowody istnienia w promieniowaniu kosmicznym cząstek naładowanych, zachowujących się tak właśnie, jak hipotetyczne mezony Yukawy.

Liczny szereg prac, poświęcony mezonom w czasie dziesięciu lat ostatnich, nie doprowadził jednak do całkowitego wyjaśnienia sytuacji. Dzisiaj nie ulega już wprawdzie wątpliwości istnienie mezonów w promeniowaniu kosmicznym; wiemy dalej, że są to cząstki nietrwałe, których średni czas życia jest rzędu $2 \cdot 10^{-6}$ sekundy. Jednak wszelkie wysiłki teoretyków, zmierzające do sprowadzenia sił wewnątrzjądrowych do wymiany wirtualnych mezonów pomiędzy nukleonami, nie dały właściwie wyników zadawalających, tak że sprawa natury sił wewnątrzjądrowych jest wciąż jeszcze nader ciemna, choć niewątpliwie teoria mezonowa tych sił zawiera w sobie część prawdy.

Dużo światła będzie można rzucić na te sprawy z chwilą, gdy potrafimy wytworzyć szybkie elektrony i jony o energiach rzędu kilkuset MeV, co będzie możliwe w ciągu niedługiego czasu, gdy zostanie ukończona rozpoczęta już budowa wielkich betatronów i synchrotronów (§ 9). Masa spoczynkowa mezonu w jednostkach energetycznych wynosi około 100 MeV, a więc jądro może emitować mezony dopiero wówczas, gdy ma ono do rozporządzenia energię tego rzędu lub większą. Gdy zatem będziemy rozporządzać elektronami o energii kilkuset MeV i cząstkami ciężkimi o energii 100 MeV, które dadzą nowy cyklotron kalifornijski oraz budowane obecnie synchrotrony, wówczas będzie prawdopodobnie możliwe wytwarzanie sztucznych mezonów w dużych ilościach, co rzuci nowe światło na ich naturę.

20. Hipoteza istnienia neutryna.

Należy tu jeszcze wspomnieć o dzisiejszych poglądach na promienie β. Wyniki doświadczalne badań nad tymi promieniami były niezrozumiałe z punktu widzenia teorii. Okazało się przede wszystkim, że wbrew wymaganiom teorii kręt nie zostaje zachowany przy emisji promieni β. W mechanice falowej wyrażamy kręt w jednostkach $h/2\pi$ (§ 6); w jednostkach tych kręt elektronów jest równy $\frac{1}{2}$. Gdy jednak jądro o kręcie całkowitym wyrzuca elektron β, jądro nowopowstałe posiada, jak pokazują dane doświad-

czalne, znów kręt całkowity, wbrew zasadzie zachowania krętu. Dalej, przy emisji cząstek β jądro początkowe i jądro końcowe posiadają każde zupełnie określoną energię, jednak energia emitowanych elektronów nie jest równa różnicy tych dwu energii, a przeciwnie elektrony β posiadać mogą wszelkie wartości energii pomiędzy 0 a tą różnicą. Sprawa wygląda więc tak, jak gdyby i zasada zachowania energii nie była spełniona w promieniowaniu β, gdyż najdokładniejsze badania wykazały, że przy przemianie β prócz elektronów nie powstają żadne inne promieniowania, których energia dałaby się uchwycić i zmierzyć. Tak więc stoimy wobec faktu, że energ a wyzwolona w przemianie β jest wyraźnie większa od całkowitej energii promieni β, wyrzucanych w czasie tej przemiany, i nie widać, co się dzieje z resztą tej rozporządzalnej energii.

W związku z tymi trudnościami, które skłoniły pewnych teoretyków nawet do powątpiewania w słuszność zasady zachowania energii w zjawiskach jądrowych, Pauli (teoretyk szwajcarski) wysunął hipotezę, że promieniowanie β polega na równoczesnym wyrzuceniu z jądra prócz elektronu czy pozytronu hipotetycznej cząstki, neutryna. N e u t r y n o byłoby cząstką o znikomo małej masie spoczynkowej i elektrycznie obojętną, a więc nadzwyczaj przenikliwą i nieuchwytną. Wszelkie metody pomiaru energii wypromieniowanej z jądra nie uwzględniają neutryn, które są dla nich nieuchwytne i stąd powstaje pozorny według Paulego niedobór energii. Suma energii elektronu i neutryna, wyrzuconych jednocześnie z jądra, jest zawsze stała, równa rozporządzalnej energii jądra, lecz energia ta może bardzo rozmaicie rozkładać się pomiędzy elektron a neutryno. Neutrynu przypisujemy kręt $\frac{1}{2} \cdot h/2\pi$, a w ten sposób zasada zachowania krętu zostaje spełniona.

Hipotezę neutryn wiąże się dzisiaj z teorią mezonów. Zakładamy mianowicie, że energia jądrowa, wyzwolona przy przejściu jądra atomu wysyłającego promienie β w stan o niższej energii, ujawnia się zasadniczo w postaci mezonu. Dopóki jednak energia ta jest mniejsza od około 100 MeV, nie wystarcza ona na sformowanie mezonu rzeczywistego; powstaje jedynie mezon wirtualny, rozpadający się natychmiast na elektron (czy pozytron) i neutryno. Dopiero przy rozporządzalnych energiach rzędu 100 MeV można byłoby spodziewać się powstania rzeczywistych mezonów.

Hipoteza neutryn nie może być uważana za zadowalającą, dopóki nie potrafimy wykazać doświadczalnie w jakiś sposób istnienia neutryna. Bezpośrednie uchwycenie neutryna jest, z uwagi na jego przypuszczalne własności, sprawą raczej beznadziejną; dowodów jego istnienia szuka się na drodze pośredniej. Chodzi o to, że układ, złożony z jądra atomu, elektronu i neutryna, musi prócz zasady zachowania energii spełniać również zasadę zachowania pędu. Jeżeli jądro początkowo było w spoczynku, pęd jego był równy zeru; suma pędów elektronu β, neutryna i pozostałego jądra musi zatem być równa zeru. Neutryno musi posiadać określony pęd, a wobec tego suma pędów jądra atomu i elektronu musi być różna od zera. Ale dokładny pomiar pędu jądra, odskakującego wstecz przy emisji β, jest rzeczą nader trudną, zwłaszcza gdy mamy do czynienia z ciężkimi jądrami ciał naturalnie promieniotwórczych. Najbardziej obiecujące wydaje się do tego celu oparcie się na przemianach *K*, a więc na chwytaniu elektronów z najgłębszych warstw elektronowych atomu przez jądro. I takiemu chwytaniu elektronu towarzyszyć musi wyrzucenie neutryna, bilansującego energię i kręt. Otóż elektron *K* posiada pęd znikomo mały wobec pędu wyrzuconego neutryna. Gdyby nie było tego neutryna, jądro atomu nie doznałoby zatem dostrzegalnego odskoku. Fakt, że jądro doznaje odskoku przy przemianie *K* jest już zatem poważną poszlaką istnienia neutryna. Allen, fizyk amerykański, zmierzył w r. 1941 odskoki jąder berylu, doznających przemiany *K* (chodzi, oczywiście, o możliwie lekkie jądro); okazało się, że odskoki te nie tylko istnieją, ale i wartości ich są takie, jakie powinny być w wypadku istnienia neutryna. Doświadczenia Allena stanowią dzisiaj najbardziej bezpośredni dowód istnienia neutryna.

21. Reakcje jądrowe z punktu widzenia modelu kroplowego jądra.

Jądro, zwłaszcza pierwiastka ciężkiego, możemy w pierwszym przybliżeniu uważać za kroplę cieczy jądrowej. Ciecz ta bardzo się oczywiście różni od wszystkich nam znanych, gdyż wiążącymi siłami są w niej nie siły van der Waalsa, lecz miliony razy od nich większe siły wewnątrzjądrowe. Gęstość cieczy jądrowej jest niesłychanie wielka — około $1{,}4 \cdot 10^{14}$ g/cm^3; możemy jej również przypisać określoną temperaturę. (Należy oczywiście zdawać sobie sprawę z tego, że jest to tylko obraz przybliżony, gdyż w jądrze najcięższego nawet atomu znajduje się jeszcze zbyt mało nukleonów na to, by można było ściśle stosować zwykłe pojęcia termodynamiczne). Gdy do wnętrza jądra-kropli dostanie się z zewnątrz cząstka materialna (neutron, proton, deuteron czy cząstka α), zostaje ona związana, tak że powstaje chwilowo „jądro złożone". Wyzwala się przy tym energia wiązania w postaci energii kinetycznej, która rozkłada się równomiernie pomiędzy wszystkie nukleony jądra złożonego i przetwarza się wobec tego w energię cieplną. Jądro złożone, powstające przez wchłonięcie cząstki materialnej, ma zatem wysoką temperaturę — można ocenić jej wysokość, na dziesiątki miliardów stopni. Temperatura jądra podnosi się również i wtedy, gdy wchłania ono fotony γ.

Energię cieplną jądra-kropli można uważać za energię jego drgań, podobnie jak w teorii ciepła właściwego ciał stałych traktujemy energię cieplną kryształu jako sumę energii wszelkich możliwych jego drgań. Innymi słowy, wzrost temperatury jądra polega na tym, że kropla cieczy jądrowej zostaje pobudzona do znacznie bardziej energicznych drgań. Skutkiem tych drgań któryś z nukleonów może uzyskać chwilowo energię kinetyczną wystarczającą do wydostania się z jądra; najłatwiej będzie wydostać się, oczywiście, neutronowi, albowiem proton, czy cząstka α muszą wydostawać się „tunelem" przez wał potencjału. Ale rozżarzona kropla może również promieniować; promieniowanie polega w tym wypadku na wysyłaniu fotonów γ. Istnieją zatem różne możliwości utraty energii przez rozżarzone jądro i prawdopodobieństwa tych różnych możliwych procesów są różne. Najczęściej, oczywiście, nastąpi proces najbardziej prawdopodobny.

Sięgając do analogii ze zwykłą cieczą, powiemy, że przedostawanie się cząstek materialnych do wnętrza jądra jest procesem analogicznym do skraplania pary na powierzchni kropli cieczy. Energia wiązania cząstki — to odpowiednik ciepła skraplania, które podnosi temperaturę kropli. Kropla cieczy o temperaturze wyższej od otoczenia utraci po pewnym czasie swą nadwyżkę ciepła, ostygnie, bądź przez promieniowanie (podczerwone, gdy temperatura nie jest zbyt wysoka, widzialne w temperaturach wyższych), bądź przez parowanie, połączone z pochłanianiem ciepła parowania. Analogicznie możemy powiedzieć, że jądro złożone, powstające wskutek wchłonięcia cząstki materialnej, może utracić swą nadwyżkę energii bądź przez promieniowanie, bądź przez „wyparowanie" cząstki materialnej. Z tego punktu widzenia reakcje jądrowe zachodzą dwoma etapami: pierwszy to związanie, „skroplenie" cząstki bombardującej, drugi — to „wyparowanie" jakiejś cząstki z jądra.

Gdy do wnętrza jądra przenika cząstka o dużej energii, wówczas temperatura jądra złożonego jest tak wysoka, iż „wyparowuje" ono nie jedną, lecz dwie lub więcej nawet cząstek. Znamy np. szereg reakcji typu *(n, 2n)*, w których jądro wchłania szybki neutron, a wyrzuca dwa neutrony powolniejsze. Cząstka wyparowana może być tej samej natury, co wchłonięta. Gdy np. jądro bombardujemy neutronami, neutron może zostać wchłonięty i następnie może zostać wyrzucony znów neutron. Jeśli neutron wyrzucony ma mniejszą energię kinetyczną, niż wchłonięty, mówimy wówczas o nie sprężystym rozpraszaniu neutronów przez jądro. Gdy neutron wyrzucony ma tę samą energię, mówimy o rozpraszaniu neutronów anormalnym. Chodzi o to, że przy rozpraszaniu normalnym neutron ulega tylko zderzeniu sprężystemu z jądrem, przy czym ze względu na dużą masę jądra zachowuje niemal bez zmiany swą energię. Rozpraszanie anormalne różni się od normalnego, sprężystego innym rozkładem kątowym neutronów rozproszonych.

Gdy energia cząstki wchłanianej jest bardzo duża, gdy więc temperatura jądra kropli staje się nawet w skali jądrowej bardzo wysoka, cała kropla może wyparować, czyli innymi słowy może nastąpić wówczas wybuchowy rozpad jądra na części składowe. W przyrodzie istnieją cząstki o energiach dostatecznie wielkich do wywołania tego zjawiska; są to cząstki kosmiczne, a w szczególności mezony promieni kosmicznych. W roku 1945 fizyk radziecki Żdanow otrzymał fotografię takiego typu wybuchu jądra atomu w emulsji fotograficznej, w którym jądro równocześnie wy-

rzuciło 35 cząstek jonizujących. Prawdopodobnie chodziło tu o wybuchowy rozpad jądra bromu ($Z = 35$).

Gdy jądro traci swą nadwyżkę energii przez promieniowanie γ, wówczas uzyskujemy w wyniku reakcji jądro o większej masie. Tego typu jest często spotykana reakcja jądrowa (n, γ).

IV. NOWY TYP REAKCJI JĄDROWEJ — PĘKNIĘCIE JĄDRA.

22. Wykrycie reakcji pęknięcia jądra uranu.

Omówione wyżej reakcje jądrowe (z wyjątkiem może reakcji wybuchowego wyparowania jądra, które jednak wywoływane są tylko przez cząstki kosmiczne o energiach dzisiaj nie osiągalnych w warunkach ziemskich) nie nadają się do wyzwalania energii wewnątrzjądrowej ze względu na swą bardzo małą wydajność (§ 13). W tym stanie rzeczy aż do roku 1939 wykorzystywanie energii jądrowej w warunkach ziemskich na wielką skalę wydawało się — jeśli w ogóle było by możliwe — sprawą dalekiej przyszłości. Jednakże sytuacja uległa całkowitej zmianie z chwilą wykrycia nowego typu reakcji jądrowych, dokonanego pod koniec 1938 r. przez badaczy niemieckich Hahna i Strassmanna. Badacze ci od kilku lat zajmowali się pierwiastkami o sztucznej promieniotwórczości, powstającymi na skutek bombardowania uranu neutronami.

Już Fermi w 1933 r. zauważył sztuczną promieniotwórczość uranu, wywołaną przez neutrony, ale okazało się od razu, że promieniotwórczość ta ma charakter znacznie bardziej skomplikowany, niż u innych pierwiastków. Fermi i inni badacze przypuszczali początkowo, że wskutek kilku następujących po sobie rozpadów pobudzonego do sztucznej promieniotwórczości jądra uranu powstaje szereg tzw. „transuranów", czyli pierwiastków o numerze porządkowym wyższym od uranu, a więc mających $Z > 92$. Systematyczne badania Hahna i Strassmanna doprowadziły jednak w roku 1938 do wykazania z całą pewnością, iż jednym z ciał powstających wskutek bombardowania uranu neutronami jest bar, a więc pierwiastek leżący mniej więcej w połowie tablicy układu naturalnego.

Praca Hahna i Strassmanna, ogłoszona w początku stycznia 1939 r., wzbudziła olbrzymie zainteresowanie. Chodziło tu niewątpliwie o zupełnie nowy typ reakcji. Już w parę tygodni po tej pierwszej publikacji Frisch i Liza Meitner, emigranci niemieccy, pracujący wówczas w Kopenhadze u Bohra, podali właściwą interpretację obserwacji Hahna i Strassmanna. Chodziło tu mianowicie ich zdaniem o pęknięcie (rozszczepienie się) jądra złożonego, powstałego z uranu skutkiem wchłonięcia neutronu. Jądro to rozszczepiało się na dwa niemal równej masy odłamki, z których jednym było właśnie jądro baru.

Interpretacja ta, zakomunikowana przez Bohra, bawiącego wówczas w Stanach Zjednoczonych, na zjeździe fizyków amerykańskich, pobudziła ich do gorączkowej działalności. W ciągu najbliższego miesiąca interpretacja Frischa i L. Meitner została potwierdzona całkowicie przez prace, wykonane w kilku laboratoriach w Stanach Zjednoczonych oraz przez Joliota i współpracowników w Paryżu. W dalszym ciągu w r. 1939 w coraz szybszym tempie ukazał się liczny szereg prac z ważniejszych laboratoriów fizycznych całego świata: Stanów Zjednoczonych, Anglii, Francji, Niemiec, Włoch, Z. S. R. R., Danii, Holandii, Polski. W ciągu 1939 r. ukazało się już około 100 prac, poświęconych pękaniu jąder uranu i toru (tor zachowuje się analogicznie do uranu). Wybuch wojny nie zmniejszył początkowo w sposób widoczny tempa pojawiania się nowych prac, ale poczynając od połowy 1940 r. raptownie przestały się ukazywać prace fizyków amerykańskich i angielskich, poświęcone temu tematowi, W latach 1941 — 1943 ukazało się jeszcze kilka prac niemieckich, poświęconych stronie raczej chemicznej niż fizycznej zjawiska, aż wreszcie w latach 1944-45 temat ten niemal zniknął z czasopism fizycznych całego świata.

Rok 1945 przyniósł, jak wiemy, dramatyczne wyjaśnienie tego stanu rzeczy. Poczynając od roku 1940 stało się rzeczą jasną, że pękanie jąder uranu może być wykorzystane do wyzwalania energii jądrowej w wielkich ilościach, i wobec tego państwa wojujące, zwłaszcza Stany Zjednoczone i Wielka Brytania (a na znacznie mniejszą skalę i później — Niemcy), rozpoczęły zakrojone na wielką skalę prace nad wykorzystaniem tej energii do celów wojennych. W rezultacie wyniki dalszych badań nad pękaniem jąder uranu stały się zazdrośnie strzeżoną tajemnicą państwową. Ten stan rzeczy trwa jeszcze po dziś dzień, tym bardziej, że, jak powszechnie wiadomo, prace zespołu fizyków amerykańsko - angielsko - kanadyjskich doprowadziły do konstrukcji bomby atomowej.

Jednakże prace, które ukazały się w ciągu pierwszych 18 miesięcy od wykrycia zjawiska pękania jądra uranu, zawierają już wszystkie dane zasadnicze, pozwalające nader dokładnie zorientować się w możliwościach wykorzystania energii wewnątrzjądrowej na skalę techniczną. Dużo danych zawiera również raport urzędowy amerykański H. D. Smytha o zastosowaniu energii atomowej do celów wojennych. Z raportu tego skorzystamy w dalszym ciągu obszernie.

23. Teoria Bohra-Wheelera.

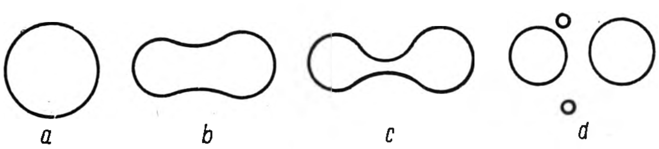
Pierwszą próbę teoretycznego ujęcia pęknięcia jądra atomu uranu podali Bohr i Wheeler we wrześniu 1939 r. Rozpatrywali oni zjawisko to z punktu widzenia modelu jądra-kropli. Gdy jądro ciężkie wiąże neutron, wyzwala się energia (§ 11). Przeciętna energia wiązania nukleonu w takim jądrze wynosi około 7,7 MeV, dokładniejsza dyskusja prowadzi jednak do wniosku, że energia, wyzwolona przy związaniu neutronu w bardzo ciężkim jądrze złożonym, zwłaszcza nieparzysto-nieparzystym lub nieparzysto-parzystym, jest wyraźnie mniejsza, co stoi w związku z charakterem niby chemicznym sił wewnątrz jądrowych.

Energie wiązania neutronów W_n w najcięższych jądrach przejściowych (złożonych), tworzących się przez pochwycenie neutronu, są według Bohra i Wheelera takie, jak podano w tabl. I.

Tablica I.

U^{234}_{92} — 6,4 MeV	Th^{233}_{90} — 5,2 MeV
U^{236}_{92} — 6,4 „	Pa^{232}_{91} — 5,4 „
U^{239}_{92} — 5.2 „	Pu^{240}_{94} — 6,3 „

Energia wiązania neutronu w jądrze złożonym rozkłada się mniej więcej równomiernie pomiędzy jego nukleony w postaci energii drgań kropli. Drgania te są analogiczne do drgania kropli zwykłej cieczy pod wpływem napięcia powierzchniowego. Jądro kuliste przybiera w trakcie tych drgań kształty wydłużone (rys. 10). Jednakże w cieczy jądrowej działają prócz sił nuklearnych jeszcze i siły kulombowskie między jednakowo naładowanymi protonami; siły te rozpychają jądro i kompensują częściowo trzymające kroplę w całości napięcie powierzchniowe. Gdy kropla drgająca przybiera postać przewężoną wskazaną na rys. 10, wytwarzają się duże siły odpychające pomiędzy dwiema jej częściami, oddzielonymi przewężeniem. Jeśli ładunek kropli jest dostatecznie duży, a więc numer porządkowy Z dostatecznie wysoki, siły te, jak pokazuje rachunek przeprowadzony przez Bohra i Wheelera, są dostatecznie duże, by pokonać siły spójności jądra i wystarczają do rozerwania jądra na dwie mniejsze, niemal równe, części. Rachunek pokazuje, że o możliwości takiego rozszczepienia się jądra decyduje ułamek Z^2/A (z grubsza biorąc ułamek ten jest miarą stosunku energii elektrycznej jądra, która rośnie jak kwadrat jego ładunku, a więc Z^2, do energii wiązania jądra, proporcjonalnej do A); dokładniejsza analiza danych doświadczalnych w świetle przybliżonej teorii Bohra i Wheelera pokazuje, że dla $(Z^2/A)_{gr} = 47,8$ jądro pęka przy każdym odkształceniu Ale już dla mniejszych wartości Z^2/A nastąpić może rozszczepienie jądra. Dla krytycznej wartości $(Z^2/A)_g$ jądro staje się nie trwałym już dla dowolnie małych odkształceń; dla mniejszych wartości Z^2/A jądro staje się nie trwałym przy określonych dużych odkształceniach. Bohr i Wheeler obliczyli w przybliżeniu energię potrzebną do wywołania krytycznego odkształcenia, prowadzącego już



Rys. 10. Analogia między odkształcaniem jądra a odkształcaniem kropli cieczy.

bezpośrednio do pęknięcia jądra. Wykres na rys. 11 podaje tę energię krytyczną jako fu kcję stosunku $(Z^2/A)/(Z^2/A)_{gr}$. Krzywa ta prowadzi do wartości energii krytycznej W_f, podanych w tabl. II.

Każde z tych jąder ma do rozporządzenia energię wiązania W_n podaną w tabl. I. Nadwyżka energii krytycznej W_f nad rozporządzalną W_n, W_f-W_n, jest wobec tego dana przez liczby w tabl. III.

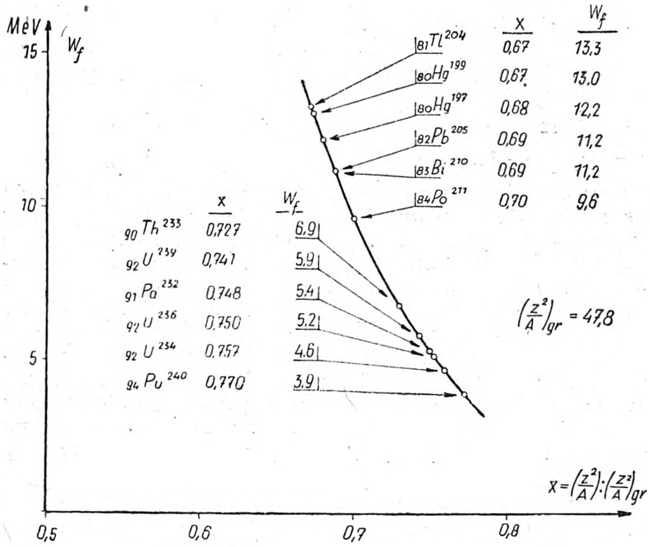
Tablica II.

Th^{233}_{90} — 6,9 MeV	U^{234}_{92} — 4,6 MeV
U^{239}_{92} — 5,9 „	Pu^{240}_{94} — 3,9 „
Pa^{232}_{91} — 5,4 „	
U^{236}_{92} — 5,2 „	

Tablica III.

Th^{233}_{90} — 1,7 MeV	U^{234}_{92} — —1,8 MeV
U^{239}_{92} — 0,7 „	Pu^{240}_{94} — —2,4 „
Pa^{232}_{91} — 0,0 „	
U^{236}_{92} — —1,0 „	

Z danych zawartych w tabl. III wynika, że w jądrach U^{234}, U^{236}, Pu^{240} i ew. Pa^{232} już wskutek samego wiązania neutronu wyzwala się energia wystarczająca do wywołania ich pęknięcia. W jądrach natomiast U^{239} i Th^{233} energia



Rys. 11. Energia krytyczna, wywołująca pęknięcie jądra różnych pierwiastków.

wiązania neutronu nie jest wystarczająca; mogą one rozszczepić się tylko wtedy, gdy neutron przenikający do jądra ma dostateczną energię kinetyczną do pokrycia różnicy W_f-W_n. Widzimy więc, iż teoria Bohra i Wheelera prowadzi do całkowicie zgodnego z doświadczeniem wniosku. że jądra izotopów uranu U^{235} i U^{233}, oraz plutonu Pu^{239} mogą ulec rozszczepieniu już pod wpływem neutronów o dowolnie małej energii, a więc termicznych, podczas gdy do rozszczepienia uranu 238 i toru 232 potrzeba już neutronów o energii ponad pewną wartość krytyczną: energia krytyczna wynosi dla uranu 238 około 0,7 MeV, dla toru 232 zaś około 1,7 MeV. Pośrednie stanowisko zajmuje protaktyn 231; doświadczenie wykazuje, że dla wywołania pęknięcia jego jądra wystarczają już neutrony stosunkowo powolne, teoretycznie zaś jego energia krytyczna powinna być bliska zera.

Z wykresu przytoczonego na rys. 11 wynika, że nie ma nadziei, by możliwe było wywołanie łańcuchowej reakcji rozszczepienia jądra na skalę techniczną w innych pierwiastkach, niż uran, tor, i pluton. Nie mogą tu, oczywiście, wchodzić w grę pierwiastki promieniotwórcze naturalne inne niż tor i uran, gdyż w przyrodzie istnieją one w znikomych ilościach ze względu na swe stosunkowo krótkie okresy przepołowienia. Można by myśleć o wykorzystaniu najcięższych z pośród trwałych jąder, a więc jąder bizmutu i ołowiu. Ale już dla najbardziej obiecującego z tych pierwiastków, a mianowicie bizmutu 209, energia krytyczna sięga 11,2 MeV, a więc dla wywołania jego rozszczepienia neutrony muszą posiadać conajmniej energię około 5 MeV, podczas gdy energia neutronów wyrzucanych przy pęknięciu jądra wynosi zaledwie około 1 MeV. W stosie atomowym uranowym z domieszką tego bizmutu możnaby wprawdzie wytwarzać polon 210 o okresie przepołowienia 136 dni, ale i dla tego jądra krytyczna energia W_f wynosi 9,6 MeV, a więc dla jego rozszczepienia należałoby użyć neutronów o energii conajmniej około 3,2 MeV, również wykluczającej możliwość wytworzenia się reakcji łańcuchowej.

24. Dane doświadczalne, dotyczące pękania najcięższych jąder.

Omówimy teraz dane doświadczalne, dotyczące pękania jądra uranu (i toru), a opublikowane do połowy 1940 r.

Przy pęknięciu jądra jednego z tych pierwiastków wskutek wchłonięcia neutronu wydziela się bardzo znaczna energia, rzędu 180 MeV. Wydzielanie się tak dużych ilości energii wynika od razu z podanych poprzednio danych, dotyczących energii wiązania jąder. W jądrach najcięższych nukleony są związane stosunkowo nieco słabiej, najsilniej związane są one w jądrach o liczbie masowej bliskiej 100. Dla jąder o liczbie masowej równej 120 średnia energia wiązania nukleonów wynosi 8,42 MeV, dla jąder o liczbie masowej 240 wynosi 7,63. Jeśli takie bardzo ciężkie jądro rozpadnie się na dwa o liczbach masowych po 120, to na każdy nukleon wyzwoli się energia wynosząca 0,8 MeV, razem więc wywiąże się około 190 MeV energii, zgodnie z doświadczeniem.

Pod wpływem odpychających sił elektrycznych części rozpadającej się kropli-jądra uzyskują bardzo duże energie kinetyczne, po kilkadziesiąt MeV każda; suma tych energii dorównywa niemal wyzwolonej energii jądrowej. Pęknięcie jądra nie odbywa się w sposób jednoznaczny — jest to zresztą wiadome z danych doświadczalnych — tworzące się krople cząstkowe nie muszą być jednakowych rozmiarów.

Okazuje się dalej, że izotopy, z których składa się uran naturalny, zachowują się bardzo różnie pod działaniem neutronów. Uran zawiera dwa główne izotopy: U^{238} i U^{235}; drugiego z nich zaledwie 0,7%. Jądro uranu 238 rozszczepia się jedynie pod działaniem neutronów o energii przekraczającej 1 MeV, uran 235 rozszczepia się natomiast już pod działaniem neutronów termicznych; o tej różnicy w zachowaniu się izotopów uranu wiemy już z rozważań teoretycznych podanych w § 23. Przekrój czynny uranu 238 na pęknięcie pod działaniem neutronów o energii powyżej 2 MeV wynosi $0{,}5.10^{-24}cm^2$; natomiast przekrój czynny uranu 235 na rozszczepienie neutronami termicznymi wynosi $3{,}5.10^{-22}cm^2$, a więc jest 700 razy większy. Uran 235 rozszczepia się również pod działaniem neutronów szybkich; jego odpowiedni przekrój czynny nie był zmierzony do 1940 r.; nie rozporządzano wówczas dostatecznymi ilościami czystego uranu 235; dopiero w 1943 r. w związku z pracami nad bombą atomową wytworzono znaczne ilości tego izotopu i określono dokładnie jego własności, dane te nie zostały jednak ogłoszone. Można jednak ocenić ten przekrój na podstawie rozważań teoretycznych Bohra i Wheelera: powinien on wynosić około $2{,}4.10^{-24}cm^2$, a więc być około 5 razy większym, niż dla uranu 238.

Przez pęknięcie jądra uranu 235 powstają sztuczne promieniotwórcze jądra pierwiastków o Z, leżącym pomiędzy 32 a 44 (grupa lżejsza), oraz pierwiastków o Z, leżącym między 48 a 62 (grupa cięższa). Każde jądro uranu daje jeden pierwiastek z grupy lżejszej i jeden z grupy cięższej, tak by suma ich numerów porządkowych wynosiła 92. Najczęściej spotyka się podział masy jądra w stosunku 2 : 3, a więc pary Br_{35} — La_{57}; Rb_{37} — Cs_{55}; Sr_{38} — X_{54} itd. Jądro uranu 238 pęka na części o masach niewiele się różniących; powstają przy tym jądra o Z, leżącym między 44 a 50.

Wszystkie jądra, powstające wskutek rozszczepienia najcięższych jąder, mają nadwyżkę neutronów w stosunku do trwałych jąder odpowiednich pierwiastków, gdyż najcięższe jądra zawierają, jak już wspomniano (§ 17), stosunkowo więcej neutronów niż jądra lżejsze. A więc jądra, powstające

wskutek rozszczepienia się jądra uranu, są nietrwałe — sztucznie promieniotwórcze; wysyłają one mianowicie promienie β—, zmniejszając swą nadwyżkę neutronów. Czasy przepołowienia sztucznie promieniotwórczych cząstek jądra uranu są bardzo rozmaite — wahają się od ułamków sekundy do roku i więcej; dla kilku najważniejszych z tych pierwiastków czasy przepołowienia są rzędu paru miesięcy. Wśród odłamków i powstających z nich przez promieniowanie β— dalszych jąder znaleziono również jądra (promieniotwórcze) niewykrytych dotychczas w przyrodzie pierwiastków Z = 43 (tzw. technet-manganowiec) i Z = 61 (ziemia rzadka).

Wszystkie te sztucznie promieniotwórcze pierwiastki powstają w znacznych ilościach jako produkty uboczne w tzw. stosach atomowych, oraz przy wybuchu bomby atomowej. Prócz promieni β— wysyłają one również promienie γ.

Najważniejszą dla techniki właściwość rozszczepienia się jądra uranu stanowi to, że aktowi pęknięcia jądra towarzyszy wyrzucenie przeciętnie 2 do 3 neutronów (dokładna wartość tej liczby nie została opublikowana) o energii około 1 MeV. Pewna drobna część tych neutronów jest wyrzucana z opóźnieniem; około 1% wszystkich neutronów, powstających wskutek pęknięć jąder uranu, wykazuje opóźnienie emisji nie mniejsze od 0,01 sekundy, a 0,07% neutronów — opóźnienie powyżej 1 minuty. Krótko mówiąc, przy pękaniu jąder uranu powstają jądra, wykazujące nieznaną przed tem promieniotwórczość neutronową — samorzutne wyrzucanie neutronów.

25. Rezonansowe chwytanie neutronów przez jądra uranu i toru; neptun, pluton i uran 233.

Okazało się również, że uran 238 wiąże szczególnie łatwo neutrony o energii około 38 eV, a więc stosunkowo powolne, o prędkościach rzędu kilkudziesięciu km/sek. Jest to tzw. rezonansowe chwytanie neutronów (§ 13), polegające na tym, że energia wiązania neutronu, zwiększona o jego energię kinetyczną, odpowiada dokładnie jednej z możliwych ustalonych wartości energii jądra wzbudzonego (jądro, podobnie jak i atom, posiada prócz stanu normalnego o najniższej wartości energii nieskończony szereg stanów wzbudzonych o energiach większych); przekrój czynny jądra U^{238} na związanie takiego rezonansowego neutronu jest rzędu $1{,}2 \cdot 10^{-21}$ cm², a więc stosunkowo bardzo znaczny. Powstające jądro złożone uranu 239 jest nietrwałe i ulega przemianie promieniotwórczej, przechodząc skutkiem emisji elektronu w pierwiastek o numerze porządkowym 93, nazwany neptunem:

$$U^{238}_{92} + n^{1}_{0} \rightarrow U^{239}_{92} \rightarrow Np^{239}_{93} + e^{0}_{-1}.$$

Okres przepołowienia uranu 239 wynosi 23 minuty. Powstający w ten sposób izotop neptunu jest znów pierwiastkiem promieniotwórczym, wysyłającym promienie β— i przetwarzającym się wskutek tego w pierwiastek o numerze porządkowym Z = 94, nazwany plutonem. Okres połowicznego rozpadu Np^{239} wynosi 2,3 dnia:

$$Np^{239}_{93} \rightarrow Pu^{239}_{94} + e^{0}_{-1}.$$

Pluton jest również pierwiastkiem promieniotwórczym, ale wysyła on promienie α i przetwarza się wskutek tego z powrotem w uran 235:

$$Pu^{239}_{94} \rightarrow U^{235}_{92} + He^{4}_{2}.$$

Okres przepołowienia plutonu 239 wynosi około 24000 lat; jest to więc pierwiastek bardziej długowieczny niż rad, dla którego okres ten wynosi 1580 lat.

Jądro toru, Th 232, również pęka wskutek wchłonięcia szybkiego neutronu. Najniższa energia neutronu, powodującego rozszczepienie jądra toru wynosi około 2,0 MeV, a więc tor rozszczepia się znacznie trudniej niż uran. Przekrój czynny toru na pęknięcie pod działaniem szybkich neutronów wynosi zaledwie $0{,}1 \cdot 10^{-24}$ cm².

Podobnie, jak uran 238, tor 232 wiąże rezonansowo stosunkowo powolne neutrony, przechodząc w promieniotwórczy izotop, tor 233; tor ten wysyła promienie β—, przechodząc przy tym w izotop protaktynu:

$$Th^{232}_{90} + n^{1}_{0} \rightarrow Th^{233}_{90} \rightarrow Pa^{233}_{91} + e^{0}_{-1}.$$

Czas przepołowienia toru 233 wynosi 26 minut. Protaktyn 233 znów wysyła promienie β—, przechodząc w izotop uranu, uran 233:

$$Pa^{233}_{91} \rightarrow U^{233}_{92} + e^{0}_{-1}.$$

Czas przepołowienia protaktynu 233 wynosi 27,4 dnia. Uran 233 jest pierwiastkiem promieniotwórczym długowiecznym; wysyła on promienie α, a okres jego połowicznego rozpadu wynosi kilka tysięcy lat. Jak pokazują oceny, oparte na teorii pękania jąder ciężkich Bohra-Wheelera (§ 23), uran 233 ulega rozszczepieniu wskutek wiązania neutronów termicznych, przy czym jego przekrój czynny na pęknięcie powinien być jeszcze większy, niż uranu 235.

Rozszczepieniu pod działaniem stosunkowo powolnych neutronów podlega również i znajdujący się w przyrodzie protaktyn 231; nie ulega on jednak rozszczepieniu pod działaniem neutronów termicznych, gdyż tu, jak pokazuje doświadczenie, potrzebne są neutrony o energii większej od 0,3 MeV.

Już w 1939 r. dwaj młodzi fizycy radzieccy, Flerow i Pietrzak[1]), zauważyli, że jądra uranu podlegają również samorzutnemu pękaniu. Doświadczenia kontrolne, przeprowadzone na dużych głębokościach, wykazały, że nie może to być pękanie pod działaniem neutronów, zawartych w promieniach kosmicznych; rozszczepień obserwowanych było na to o wiele za dużo.

Późniejsze pomiary innych badaczy pozwoliły dokładnie określić czas przepołowienia uranu ze względu na samorzutne pękanie: w naturalnym uranie czas ten wynosi $3{,}1 \cdot 10^{15}$ lat. Również i jądra toru rozszczepiają się samorzutnie; czas przepołowienia toru ze względu na samorzutne rozszczepianie się jego jąder jest jednak kilkaset razy dłuższy niż dla uranu.

Teoria Bohra i Wheelera pozwala wysnuć dalsze wnioski, potwierdzone przez doświadczenie. Wynika z niej więc, że odłamki rozszczepiających się jąder powinny być promieniotwórcze, a mianowicie ulegać kilku następującym po sobie przemianom β— ze względu na stosunkowo znaczny nadmiar w nich protonów, o czym wspominaliśmy już poprzednio (§ 24). Wynika z niej również, że oba jądra-krople cząstkowe, powstające z pierwotnego jądra-kropli są „rozżarzone" do wysokiej temperatury, a zatem że istnieje duże prawdopodobieństwo wyparowania przez nie neutronów, co rzeczywiście, jak już wiemy, zaobserwowano. Poza tym promieniotwórcze jądra cząstkowe, jak wynika z rozważań Bohra-Wheelera, znajdują się na ogół po każdej emisji β— w stanie wzbudzonym, inaczej mówiąc, stanowią rozżarzone krople cieczy jądrowej, a wobec tego i po emisjach β— może również nastąpić „parowanie" neutronów. Tym się tłumaczy wspomniana wyżej emisja neutronów opóźnionych. Wreszcie model Bohra i Wheelera pozwala przewidzieć samorzutne rozszczepianie się jąder uranu i toru z uwagi na występowanie wspomnianego wyżej (§ 8) efektu tunelowego, który pozwala jądru rozszczepić się z pewnym określonym, choć bardzo małym prawdopodobieństwem, nawet gdy nie rozporządza ono wystarczającą na to energią drgań.

Jak widzimy, teoria Bohra-Wheelera daje całkowicie zadawalający, choć jeszcze na pół jakościowy tylko, obraz procesu rozszczepiania się ciężkiego jądra.

Dok. nast.

[1]) Pietrzak jest z pochodzenia Polakiem, rodem z Łomżyńskiego.

Statystyka zelektryfikowanych gromad wiejskich w Polsce

Jako uzupełnienie tablicy statystycznej, podanej w PE, 1947 z. 1/2, str. 30, wpłynęły następujące dane dla terenu Zjednoczenia Energetycznego Okręgu Mazurskiego (XIII):

1. zelektryfikowano w 1945 r 28 gromad, w 1946 r. — 114 gromad;

2. plan na 1947 r. przewiduje zelektryfikowanie 75 gromad.

Ogółem więc na terenie dwunastu zjednoczeń energetycznych zelektryfikowano

w 1945 r. — 295 gromad;
w 1946 r. — 566 gromad;

przewiduje się zelektryfikowanie na tym terenie w 1947 r. 575 gromad.

Obszar Okręgu Mazurskiego, jak i wszystkich innych okręgów, pokazany jest na mapce, zamieszczonej w PE, 1946, z. 1, str. 26.

PROF. INŻ. A. UKLAŃSKI

Siłownia cieplna powietrzna

1. Wstęp.

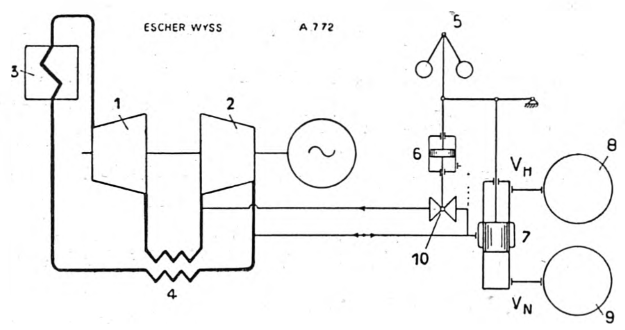
Począwszy od maja 1939 r., w ciągu lat wojennych, a także już w okresie powojennym ukazało się w zagranicznych pismach technicznych kilka prac, opisujących siłownię cieplną na gorące powietrze w obiegu zamkniętym („siłownię aerodynamiczną") w wykonaniu wytwórni szwajcarskiej Escher Wyss w Zurychu[1]). W polskiej prasie technicznej powojennej ukazała się w „Przeglądzie Górniczym" (1946, nr. 3—4) oryginalna praca dr. inż. O. Popowicza p. t. „Turbiny gazowe", zawierająca krótką wzmiankę o turbinie powietrznej, pracującej w obiegu zamkniętym.

Ze względu na dużą sprawność obiegu i ciekawe własności, interesujące energetyków, temat ten zasługuje na szersze potraktowanie. Opracowanie niniejsze o charakterze sprawozdawczym, oparte na wymienionych źródłach, ma na celu bliższe zapoznanie energetyków polskich z tematem.

Prace nad nowym systemem siłowni cieplnej, zaproponowanym przez dr. Ackereta, profesora Politechniki Zuryskiej i dr. Kellera, kierownika stacji doświadczalnej wytwórni Escher Wyss, podjęte były w r. 1935. Budowę siłowni doświadczalnej rozpoczęto w r. 1936, a uruchomienie jej nastąpiło latem 1939 r. Próby, doświadczenia i ulepszenia, hamowane warunkami wojennymi, trwały kilka lat. Wykonane w r. 1944 oficjalne badania zakończyły pierwszy okres rozwoju.

2. Zasada działania.

W lutym 1938 r. udzielony był „Towarzystwu Studiów Technicznych" w Zurychu przez Urząd Patentowy R. P. patent na wynalazek, zgłoszony w lipcu 1936 r. w Polsce (a w lipcu 1935 r. w Szwajcarii) p. t. „Sposób regulacji mocy siłowni cieplnych, w których gazowy czynnik roboczy, zwłaszcza powietrze, krąży stale pod pewnym nadciśnieniem w zamkniętym obiegu kołowym, oraz siłownia do wykonywania tego sposobu". Według opisu patentowego gazowy czynnik roboczy, sprężony i ogrzany do wysokiej temperatury utrzymywanej na stałym poziomie, rozpręża się w wielostopniowej turbinie osiowej, oddając pracę zewnętrzną, po czym jest ponownie doprowadzany do wyższego ciśnienia w wielostopniowej osiowej sprężarce odśrodkowej. Wynalazek polegał na zmianie — przy zmianach obciążenia — ciśnienia czynnika roboczego we wszystkich miejscach obiegu w przybliżeniu proporcjonalnie do oddawanej mocy, celem zachowania niezmienionych spadków cieplnych i prędkości przepływu w turbinie i sprężarce, a skutkiem tego praktycznie stałej sprawności.



Rys. 1. Układ regulacji siłowni powietrznej.

Jest to główna zasada, na której opiera się nowy pomysł. Rys. 1. przedstawia uproszczony schemat pracy i regulacji urządzenia. Turbina *1* napędza sprężarkę *2* i generator prądu elektrycznego. Przed wejściem do turbiny powietrze sprężone jest ogrzewane w ogrzewaczu *3*. Powietrze, rozprężone w turbinie, oddaje w drodze do sprężarki część swego ciepła powietrzu, sprężonemu w wymienniku ciepła *4*. Przed wejściem do sprężarki i w trakcie sprężania powietrze ulega chłodzeniu w chłodnicach, pominiętych w schemacie. Regulator odśrodkowy *5* pozostaje z jednej strony pod wpływem obrotów zespołu, z drugiej zaś — pod wpływem ciśnienia powietrza w obiegu za pośrednictwem posłużnika *6*. Ruch regulatora oddziaływa na podwójny zawór *7*. Przy wzroście obciążenia zawór ten wpuszcza do obiegu (mianowicie do przewodu tłocznego między sprężarką a wymiennikiem ciepła) powietrze ze zbiornika wysokoprężnego *8*, powiększając ilość i ciśnienie powietrza krążącego w obiegu. Wywołuje to natychmiastowe powiększenie mocy turbiny (wobec niezmienionego chwilowo przeciwciśnienia) przy chwilowo zmniejszonej wydajności sprężarki, a zatem powiększenie mocy użytecznej zespołu, po czym następuje stopniowe samoczynne wyrównanie stosunku ciśnień oraz — za pośrednictwem innego organu regulacji ręcznego czy samoczynnego — wyrównanie chwilowego spadku temperatury początkowej przez powiększenie dopływu paliwa.

Przy spadku obciążenia zawór *7* wypuszcza powietrze z obiegu do zbiornika niskoprężnego *9*, zmniejszając ciśnienie powietrza w obiegu i zarazem moc użyteczną zespołu, po czym — jak wyżej — następuje wyrównanie stosunku ciśnień oraz wyrównanie chwilowego wzrostu temperatury przez zmniejszenie dopływu paliwa.

Regulacja przez wypuszczanie powietrza sprężonego z obiegu lub ze zbiornika wysokoprężnego powoduje straty, pokrywane przez sprężarkę pomocniczą, nieuwidocznioną na schemacie.

Ruch regulatora oddziaływa zarazem na zawór obwodowy *10*, przez który część powietrza sprężonego może wrócić do przewodu ssącego sprężarki, omijając turbinę. Wzrost obciążenia powoduje przymknięcie tego zaworu, spadek — otwarcie, czyli działania, wywołujące ten sam skutek, co ruchy zaworu *7*. Zawór obwodowy, w przeciwieństwie do do zmiany poziomów ciśnień, powoduje straty nie przy regulacji, a w ruchu ustalonym, ponieważ jest zawsze nieco otwarty.

Regulację zaworem obwodowym wywołują już małe wahania obciążenia, gdy dopiero duże wprawiają w działanie regulację poziomów ciśnień. Każdej z tych regulacyj odpowiada właściwa część skoku regulatora i zakres działania każdej może być nastawiony w ruchu.

W ruchu ustalonym zespołu posłużnik *6* i zawor obwodowy *10* utrzymują stały stosunek pomiędzy obciążeniem a ciśnieniem powietrza w obiegu. Powiększenie ciśnienia wywołuje otwarcie zaworu obwodowego, a obniżenie ciśnienia — przymknięcie.

3. Podstawy teoretyczne.

Oprócz zasady regulacji do poznania właściwości nowego pomysłu konieczne jest przypomnienie pewnych zasad teorii silników cieplnych.

Idea Ackereta i Kellera jest jednym z etapów walki o udoskonalenie przemiany energii cieplnej na użyteczną pracę mechaniczną w silnikach cieplnych. W poszczególnych etapach tej walki chodzi przede wszystkim: 1) o rozsunięcie granicznych temperatur T_{max} i T_{min} obiegu cieplnego (zwłaszcza o podniesienie T_{max}), określających największą osiągalną sprawność obiegu, tzw. sprawność Carnota $\eta_c = (T_{max} - T_{min}) : T_{max}$, i 2) w danych ustalonych granicach temperatur — o zbliżeniu obiegu rzeczywistego ze stratami, czyli tzw. nieodwracalnego, do obiegu doskonałego bez strat, czyli odwracalnego, posiadającego sprawność Carnota.

Obiegiem doskonałym jest klasyczny obieg Carnota, składający się z 2 izoterm i 2 adiabat (rys. 2a), w którym doprowadzanie i odprowadzanie ciepła odbywa się tylko przy stałych temperaturach, mianowicie przy najwyższej i najniższej temperaturze obiegu.

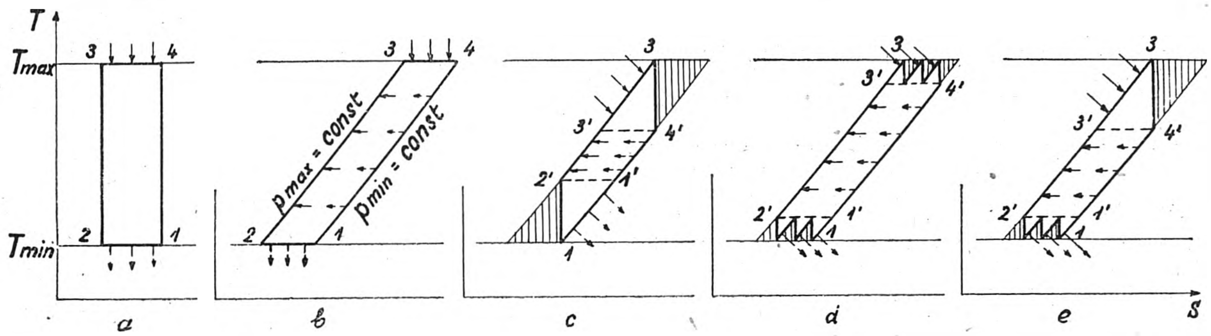
Istnieje jeszcze inny obieg doskonały, posiadający sprawność Carnota. Jest nim obieg z regeneracją, w którym tylko część ciepła jest doprowadzana do czynnika izotermicznie przy najwyższej temperaturze T_{max} obiegu, a odprowa-

[1]) a) Sprawozdanie prof. Quiby z Politechniki Zuryskiej z badań tej siłowni, przeprowadzonych w grudniu 1944 r. („Revue Polytechnique Suisse", nr 23 i 24 z czerwca 1945 r.)

b) Artykuł dr. Ackereta i dr. Kellera („Engineering", styczeń 1946 r.) To samo w tłumaczeniu niemieckim p. t. „Siłownia o zamkniętym obiegu gorącego powietrza. Instalacja AK - Escher Wyss", znajduje się w roczniku 1944/45 wydawnictwa własnego wytwórni. Nazwa „AK" pochodzi od wymienionych nazwisk twórców instalacji.

c) Odczyt dr. Kellera p. t. „Dalszy rozwój instalacji AK - Escher Wyss", wygłoszony w listopadzie 1945 r. przed „Gas and Oil Power Division" Amerykańskiego Stowarzyszenia Inżynierów Mechaników, drukowany w wyciągu również we wspomnianym roczniku.

dzana przy najniższej temperaturze T_{min} również izotermicznie. Obok dwu głównych źródeł ciepła, górnego i dolnego, istnieje nieskończenie wiele źródeł o temperaturach stopniowo zniżających się od T_{max} do T_{min}. Zadaniem tych źródeł, zwanych regeneratorami, jest odbieranie ciepła o pewnej temperaturze podczas rozprężania się czynnika, przechowywanie tego ciepła i oddawanie go z powrotem czynnikowi podczas sprężania, w tej samej ilości i przy tej samej temperaturze.



Rys. 2. Porównanie różnych obiegów cieplnych.

Granicznym wypadkiem takiego obiegu z regeneracją jest obieg, przedstawiony na rys. 2b, w którym rozprężanie, rozpoczęte w punkcie 3 kończy się w punkcie 4, odbywa się zatem tylko izotermicznie, jednocześnie z doprowadzaniem ciepła; podobnie sprężanie odbywa się również tylko izotermicznie, wzdłuż 1—2. Zamiast rozprężania i sprężania adiabatycznego, jak w obiegu według rys. 2a, występują przemiany izobaryczne, stałego ciśnienia, mianowicie linia chłodzenia *4—1*, wzdłuż której odbierane jest — przy stałym ciśnieniu p_{min} — ciepło od czynnika rozprężonego, oraz linia ogrzewania 2—3, wzdłuż której ciepło jest oddawane przy stałym ciśnieniu p_{max} czynnikowi sprężonemu. Sprawność takiego obiegu jest równa sprawności Carnota niezależnie od stosunku ciśnień $p_{max} : p_{min}$, z zastrzeżeniem tylko równości przyrostów entropii *3—4* i *2—1*.

W dążeniu do podniesienia temperatury T_{max} obiegu naturalnym ograniczeniem jest wytrzymałość materiału, określona „granicą pełzania", malejącą ze wzrostem temperatury i ze wzrostem naprężeń materiału, a więc i ze wzrostem ciśnienia. Wysokie ciśnienia obniżają więc granicę stosowalności najwyższych temperatur. W szczególnie niekorzystnym położeniu są tu silniki na parę wodną, której fizyczne właściwości z jednej strony wymagają wysokich ciśnień do osiągnięcia stosunkowo niezbyt wysokich temperatur, z drugiej zaś, przez doprowadzanie znacznej ilości ciepła do czynnika przy stałym ciśnieniu zamiast izotermicznie, oddalają obieg pary wodnej od obiegu Carnota. Obniżenie największego ciśnienia obiegu cieplnego w stosunku do normalnego obiegu pary wodnej z jednoczesnym podwyższeniem największej temperatury obiegu osiągnięto przez zastosowanie czynnika o znacznie wyższej temperaturze parowania niż woda, mianowicie rtęci. Sposób ten, wymagający zastosowania pary wodnej jako czynnika pomocniczego w obszarze niższych temperatur, a więc dwu obiegów cieplnych, nie znalazł powodzenia ze względu na złożoność urządzenia i trujące własności pary rtęci.

Drugim sposobem o istotnym przełomowym znaczeniu było zastosowanie systemu jednofazowego o dwu stopniach swobody (w odróżnieniu od systemu dwufazowego, woda-para, o jednym stopniu swobody), a więc gazu (spalin lub powietrza), który w danej temperaturze może mieć dowolne ciśnienie. Silnik cieplny gazowy wobec wielkiej objętości czynnika wymaga sprężarki, pochłaniającej znaczną część pracy rozprężania, to też znalazł swój wyraz przede wszystkim w silnikach spalinowych tłokowych, dzięki łatwości i dobrej sprawności sprężania czynnika w tym samym cylindrze. Przez lepsze zbliżenie do obiegu Carnota silniki te posiadają duże sprawności, nieosiągalne prawie dla silników parowych. W dziedzinie silników wirnikowych, a więc turbin gazowych, istotny rozwój rozpoczął się dopiero z chwilą rozwiązania budowy sprężarek osiowych o dużej sprawności.

Przedstawicielami systemu jednofazowego były dotychczas silniki spalinowe, tłokowe lub wirnikowe, pracujące w obiegu otwartym, a więc zasysające z atmosfery powietrze potrzebne do spalania i wypuszczające rozprężone spaliny również do atmosfery. Jeżeli chodzi o silniki wirnikowe, znane były turbiny na spaliny odlotowe silników tłokowych, przeznaczone do napędu dmuchaw doładowczych, turbiny spalinowe w zespołach sprężarkowych silników odrzutowych, wreszcie turbiny spalinowe do napędu generatorów prądu elektrycznego, a więc turbozespoły spalinowe prądotwórcze budowy wytwórni szwajcarskiej Brown Boveri, które zyskały w ostatnich latach dość duże rozpowszechnienie. W silniku gazowym o obiegu zamkniętym czynnik roboczy nie ulega wydalaniu z obiegu, może więc nim być tylko powietrze lub gaz, nie biorący udziału w spalaniu, a służący tylko do przenoszenia ciepła spalin. Turbina powietrzna AK jest właśnie zrealizowaniem obiegu cieplnego jednofazowego zamkniętego.

W dążeniu do zbliżenia obiegu cieplnego rzeczywistego do obiegu doskonałego o sprawności Carnota silnik parowy znowu jest w niekorzystnym położeniu, gdyż jego obieg różni się od obiegu doskonałego doprowadzeniem ciepła oraz sprężaniem nie adiabatycznym, lecz według krzywej granicznej $x = o$. Z tych względów dla silników na parę wodną używa się, jako obiegu porównawczego, nie obiegu Carnota, lecz niedoskonałego obiegu Rankina, bliższego silnikowi rzeczywistemu. Aby częściowo wyrównać różnicę, wynikającą z odmiennego sprężania, stosuje się w turbinach parowych regenerację ciepła, chociaż niedoskonałą, bo zaledwie kilkostopniową, mianowicie podgrzewanie skroplin za pomocą pary odbieranej z turbiny podczas rozprężania. Aby także doprowadzenie ciepła do czynnika zbliżyć bardziej do izotermy, stosuje się — zresztą rzadko z powodu komplikacji — przegrzewanie międzystopniowe pary w miarę jej rozprężania się.

Rzeczywisty obieg silników spalinowych również odbiega od obiegu Carnota, chociaż mniej niż parowych i upodabnia się, zwłaszcza w turbinach ze spalaniem pod stałym ciśnieniem, do obiegu teoretycznego, składającego się z dwu izobar i dwu adiabat według rys. 2c, z doprowadzaniem ciepła pod stałym ciśnieniem p_{max} wzdłuż linii *2'—3*, rozprężaniem adiabatycznym *3—4'*, oddawaniem ciepła przy stałym ciśnieniu p_{min} wzdłuż linii *4'—1* (w obiegu otwartym — atmosferze), wreszcie sprężaniem adiabatycznym *1—2'*. Częściowe zbliżenie tego obiegu do obiegu doskonałego z regeneracją graniczną według rys. 2b można osiągnąć, ogrzewając czynnik sprężony ciepłem czynnika rozprężonego w wymienniku ciepła, a więc stosując regenerację, chociaż niedoskonałą. Regenerację taką stosować można zarówno w turbinach spalinowych z obiegiem otwartym, gdy ciepło spalin rozprężonych przechodzi w wymienniku do powietrza sprężonego, jak i w turbinach powietrznych AK z obiegiem zamkniętym, gdy ciepłem powietrza rozprężonego podgrzewa się w wymienniku powietrze sprężone. Regeneracja odbywa się z jednej strony wzdłuż linii *4'—1'*, a *2'—3'* a drugiej. Regeneracja skraca linię (i ilość) doprowadzania ciepła z zewnątrz do 3'—3, jak i linię odprowadzania ciepła — do *1'—1*. Stosowanie w obiegu zamkniętym czynnika czystego o stałym nadciśnieniu umożliwia regenerację bardziej doskonałą, niż w obiegu otwartym, tj. z mniejszą stratą temperatury pomiędzy czynnikiem grzejącym a ogrzewanym.

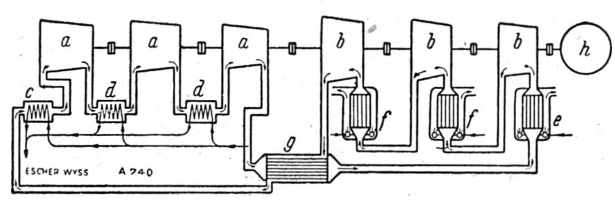
Dalsze zbliżenie obiegu według rys. 2c do obiegu według rys. 2b można osiągnąć przez zastąpienie adiabat izotermami, tj. przez zastosowanie rozprężania i sprężania izotermicznego, połączonego z doprowadzaniem i odprowa-

dzaniem ciepła. Znowu jest to możliwe tylko w przybliżeniu przez stopniowe rozprężanie z ogrzewaniem międzystopniowym, jako też stopniowe sprężanie z chłodzeniem międzystopniowym. Jedno i drugie może być zastosowane zarówno w obiegu otwartym, jak i zamkniętym. Gorsze możliwości regeneracji w obiegu otwartym zmniejszają również korzyści chłodzenia międzystopniowego. Z drugiej strony większa gęstość czynnika w obiegu zamkniętym pozwala na lepsze chłodzenie. Z tych względów obieg powietrzny zamknięty umożliwia oprócz wydajnej regeneracji również kilkostopniowe chłodzenie czynnika podczas sprężania, nieużywane w obiegu otwartym, tj. w turbinie spalinowej.

Rys. 2d przedstawia obieg z zastosowaniem trójstopniowego ogrzewania czynnika przy stałym ciśnieniu i trójstopniowego rozprężania adiabatycznego, jak też trójstopniowego chłodzenia przy trójstopniowym sprężaniu adiabatycznym. Obieg taki, w którym możliwe jest już daleko idące zbliżenie do obiegu doskonałego według rys. 2b, ma być według zamierzeń konstruktorów idealnym obiegiem siłowni powietrznej.

Rys. 2e odpowiada wreszcie obiegowi, w którym pominięto — jak w instalacji próbnej — stopniowe rozprężanie czynnika z międzystopniowym ogrzewaniem. Miarą zbliżenia poszczególnych obiegów według rys. 2c—d—e do obiegu doskonałego według rys. 2b jest zakres regeneracji *4'1'—2'3'* oraz wielkość straconych pól, oznaczonych kreskowaniem przy liniach rozprężania *3—4'* i sprężania *1—2'*. W odróżnieniu od obiegu doskonałego sprawność obiegów według rys. 2c—d—e zależy od stosunku ciśnień $p_{max} : p_{min}$ i osiąga najlepsze wartości dla umiarkowanych wartości tego stosunku.

W granicach temperatur 600—30° C (wybranych dla przykładu) największa możliwa sprawność obiegu cieplnego wynosić będzie $\eta_c = 0{,}654$, sprawność obiegu Rankine'a w silniku parowym dla ciśnienia początkowego 30 ata będzie $\eta_R = 0{,}394$, sprawność obiegu według rys. 2c dla stosunku ciśnień $p_{max} : p_{min} = 4$ wyniesie 0,496, wreszcie sprawność obiegu według rys. 2e dla tego samego stosunku ciśnień będzie 0,582.



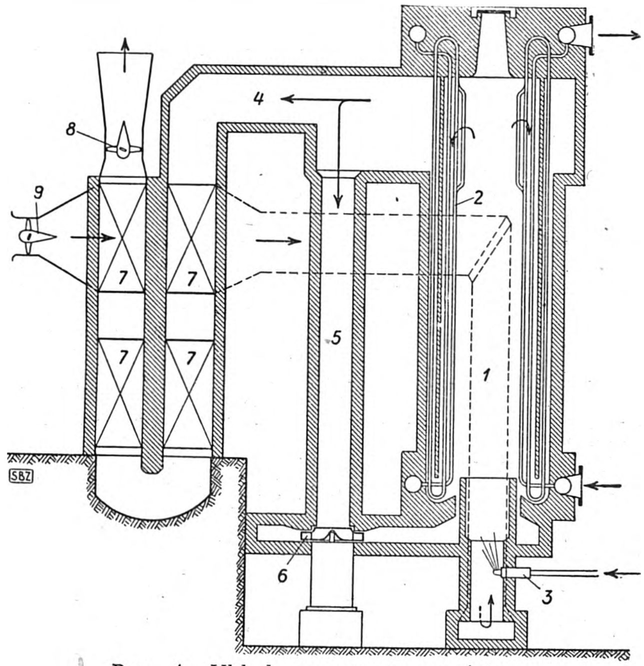
Rys. 3. Idealny układ siłowni powietrznej.

Idealny układ siłowni powietrznej, odpowiadający obiegowi według rys. 2d, przedstawia rys. 3. Przed wejściem do pierwszego kadłuba sprężarki *a* powietrze, które oddało już w wymienniku *g* dużą część swego ciepła, chłodzone jest w chłodnicy wstępnej *c* do możliwie najniższej temperatury. Pomiędzy pierwszym i drugim oraz drugim i trzecim kadłubem powietrze chłodzi się w chłodnicach pośrednich *d*. Powietrze, sprężone ostatecznie w ostatnim kadłubie, po podgrzaniu częściowym w wymienniku ciepła *g* ogrzewane jest ostatecznie w ogrzewaczu *e* i rozpręża się w kadłubach turbiny powietrznej *b*. Pomiędzy pierwszym i drugim oraz drugim i trzecim kadłubem turbiny następuje ogrzanie ponowne powietrza w ogrzewaczach pośrednich *f*. Generator prądu elektrycznego oznaczony jest przez *h*.

4. Siłownia doświadczalna.

Instalacja doświadczalna zbudowana była przez wytwórnię Escher Wyss od razu na moc użyteczną stosunkowo dużą 2000 kW, aby mogła być użyta w normalnym ruchu fabrycznym. Uproszczenie układu w stosunku do idealnego (rys. 3) polegało przede wszystkim na braku ogrzewaczy pośrednich *f* i skróceniu turbiny do dwu kadłubów. Obieg porównawczy przedstawia rys. 2e. Ogólny układ instalacji odpowiadał przede wszystkim potrzebom doświadczalnym, bez względu na zbyt wielką długość lub nieodpowiedni wygląd. Okoliczność ta powodowała straty dodatkowe, ujawnione w badaniach oficjalnych. Podane dalej liczby charakteryzują pracę instalacji próbnej przy pełnym obciążeniu.

Powietrze sprężone do ok. 24 ata, podgrzane w wymienniku do ok. 365° C, ogrzane w ogrzewaczu do 650—700° C, rozpręża się w turbinie do ok. 6 ata, 400° C, po czym chłodzi się w wymienniku do ok. 100° C, a w chłodnicy wstępnej do ok. 20° C i przepływa z powrotem do sprężarki. Układ ogrzewacza powietrza przedstawiony jest na rys. 4. Ponieważ ciepło doprowadzone jest w ogrzewaczu przy wysokiej temperaturze czynnika, spaliny w ogrzewaczu ochładzają się niewiele.



Rys. 4. Układ ogrzewacza powietrza.

Wymaga to — dla zachowania odpowiedniej sprawności ogrzewacza — zastosowania urządzenia do podgrzewania powietrza, potrzebnego do spalania. Ropa, wtryskiwana przez palniki *3*, spala się w przestrzeni paleniskowej *1*, ogrzewając w przeciwprądzie powietrze robocze w rurkach *2*. Temperatura końcowa spalin po przejściu powierzchni ogrzewalnej wynosi ok. 650° C. Część spalin wraca kanałem *5* do paleniska dla obniżenia temperatury spalania. Dmuchawa *6* służy do wywołania cyrkulacji. Reszta spalin płynie kanałem *4* do podgrzewacza *7* powietrza, potrzebnego do spalania. Przez *8* oznaczony jest wentylator wyciągowy, przez *9* — podmuchowy.

Obie turbiny powietrzne, wysokoprężna i niskoprężna, o różnej liczbie obrotów, posiadają układ i wygląd podobny, jak w zespołach parowych, i wykonane są według systemu akcyjnego, normalnie stosowanego przez wytwórnię Escher Wyss. Turbina wysokoprężna o mocy 3000 kW, 8000 obr./min., napędza bezpośrednio sprężarkę. Turbina niskoprężna o 3000 obr./min. napędza generator o mocy 2000 kW. Obydwie turbiny są połączone przekładnią zębatą, której zadaniem jest przeniesienie w jedną lub drugą stronę ewetl. nadwyżki mocy jednego z wirników turbinowych. Rys. 5 przedstawia widok otwartej turbiny wysokoprężnej o 6 stopniach, średnicy 350 mm. Turbina niskoprężna posiada również 6 stopni, średnicy 720 mm. Charakterystyczną cechą turbin jest brak wszelkich organów odcinających, czy regulujących. Rys. 6 przedstawia widok otwartego kadłuba wysokoprężnego sprężarki osiowej o średnicy wieńców łopatkowych poniżej 300 mm. Część średnioprężna i niskoprężna posiadają średnicę niewiele większą.

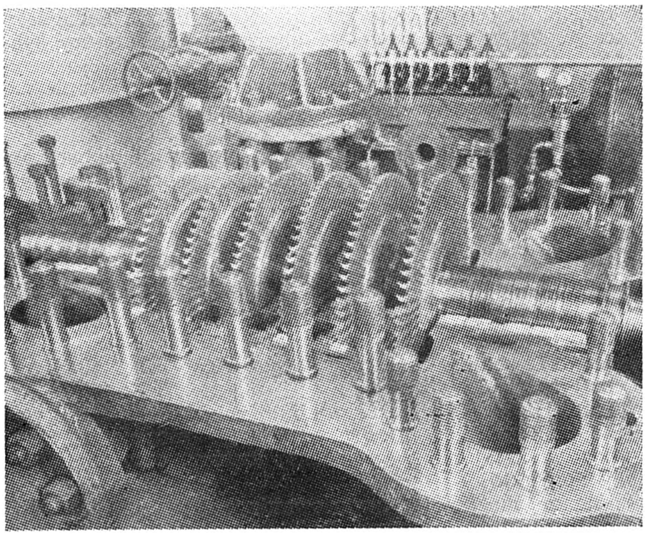
Wymiennik ciepła przeciwprądowy posiada układ poziomy. Powietrze sprężone o ciśnieniu 24 ata przepływa przez rurki, powietrze rozprężone o ciśnieniu 6 ata — na zewnątrz. Ciśnienie powietrza w zbiorniku wysokoprężnym przewyższa 1,5—2 razy największe ciśnienie obiegu. Charakterystyczną cechą regulacji urządzenia jest to, że znajduje się ona poza właściwym obiegiem powietrznym oraz, że przez jej organy przepływa tylko zimne powietrze.

5. Wyniki badania instalacji próbnej.

Opisana wyżej pokrótce instalacja poddana była w grudniu 1944 r. oficjalnym badaniom i pomiarom przez prof.

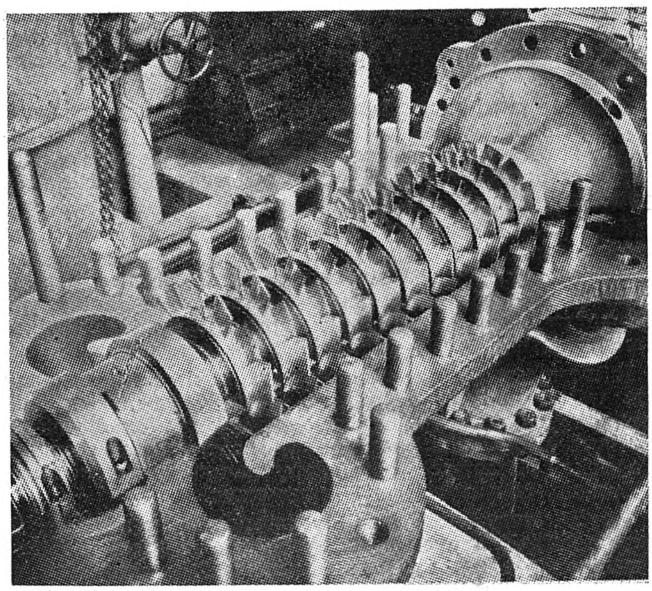
Quiby. Oprócz pomiarów zużycia paliwa dla oznaczenia sprawności cieplnej wykonano również próby regulacji.

Ze sprawozdania, zawierającego wyniki pomiarów, dowiadujemy się, że przy obciążeniu na zaciskach generatora 2044 kW i liczbie obrotów sprężarki 7600, generatora zaś 2850 na minutę stwierdzono zużycie 548 kg/h pa-



Rys. 5. Widok otwartego kadłuba wysokoprężnego turbiny powietrznej.

liwa o wartości opałowej dolnej 10160 kcal/kg. Zużycie powietrza do spalania wynosiło 8610 kg/h o temperaturze zasysania 52° C, wejściowej zaś do paleniska 555° C. Dalsze wyniki: ilość spalin 9110 kg/h, temperatura wyjściowa 185° C, spółczynnik nadmiaru powietrza 1,1, zawartość tlenku węgla O. Stwierdzono ilość powietrza roboczego w obiegu 19,4 kg/sec. Temperatura powietrza za ogrzewaczem wynosiła 689° C, stan przed turbiną: 24,12 ata, 687° C, za turbiną 6,75 ata, 443° C, spadek adiabatyczny zawartości ciepła 71,3 kcal/kg, spadek wewnętrzny 64,4

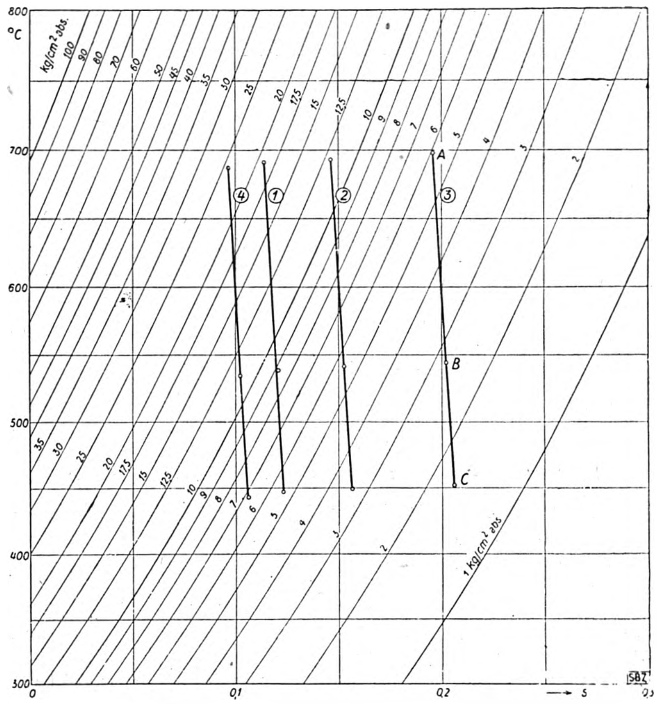


Rys. 6. Widok otwartego kadłuba wysokoprężnego sprężarki powietrznej.

kcal/kg, sprawność wewnętrzna 90,3%, stan powietrza przed sprężarką 6,47 ata, 16,4° C, za sprężarką 24,38 ata, 58,3° C, sprawność wewnętrzna izotermiczna sprężarki 76,6%.

Dodając do mocy na zaciskach straty w generatorze, otrzymujemy moc na sprzęgle 2111 kW; odejmując zaś ogólną moc napędów własnych 75,1 kW (wentylatory i pompa paliwowa 40,5 kW, pompa wody chłodzącej 3,8 kW, sprężarka pomocnicza do wyrównania strat powietrza 30,8 kW), dochodzimy do mocy użytecznej 1968,9 kW. W stosunku do tej mocy zużycie ciepła wyniosło 2824,5 kcal/kWh, a sprawność cieplna urządzenia 30,5%, w stosunku zaś do mocy na sprzęgle 2111 kW zużycie ciepła 2641,6 kcal/kWh, sprawność 32,6%.

Krzywa sprawności cieplnej przy różnych obciążeniach wykazała przebieg płaski, spadając przy obciążeniu około 1/4 z wartości 32,6% na 25,5%. Analiza strat wykazała, że suma wszystkich strat obiegu z wyjątkiem strat w ogrzewaczu powietrza jest wielkością prawie stałą, a zatem, że zmienność sprawności cieplnej została spowodowana wyłącznie stratami w ogrzewaczu powietrza. Potwierdziły to wykresy rozprężania w układzie *ts* (rys. 7), które przy różnych obciążeniach wykazują ten sam przebieg, przesunięty równolegle. Punkt *A* oznacza wejście do turbiny wysokoprężnej, *B* do niskoprężnej, *C* wyjście z turbiny niskoprężnej.



Rys. 7. Krzywe rozprężania przy różnych obciążeniach zespołu.

Poza obserwacją regulacji w biegu jałowym, łatwości synchronizacji z siecią miejską itd. wykonano próby zasadnicze regulacji przy obciążeniu fabrycznym i na opory wodne. Wyniki przedstawione są na rys. 8. Część I przedstawia powiększenie obciążenia z 550 do 1210 kW w dwu nagłych skokach. Regulacja odbyła się przez doprowadzenie powietrza ze zbiornika. Wahania obrotów nie przekroczyły 1%. W czasie tej próby dopływ paliwa nie był regulowany i temperatura przed turbiną spadała w tempie ok. 13° C na minutę. Część II dotyczy pracy zespołu na sieć fabryczną. Regulacja łatwo postępowała za wahaniami zapotrzebowania mocy. Część III przedstawia odciążenie z 1230 kW do 625 kW, regulowane częściowo przez otworzenie zaworu obwodowego, częściowo zaś przez wypuszczanie powietrza do zbiornika niskoprężnego. Wykres ciśnień potwierdza przewidywania teorii, że wskutek wypuszczenia powietrza z obiegu chwilowy spadek stosunku ciśnień powoduje niezwłoczny pożądany spadek mocy na długo przed osiągnięciem poziomu ciśnień, odpowiadającego nowemu obciążeniu. Wahania liczby obrotów nie przewyższały 1,2%.

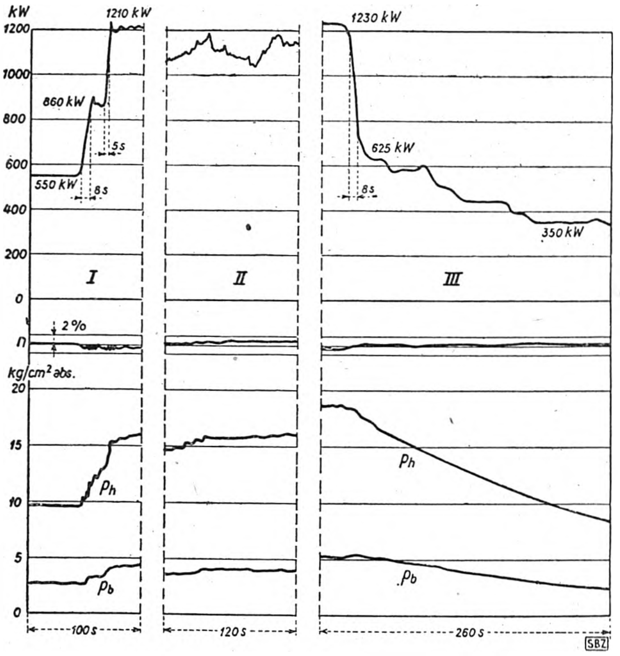
Regulacja dopływu paliwa, która w instalacji próbnej odbywała się ręcznie, nie samoczynnie, nie nastręczała żadnych trudności.

Prof. Quiby stwierdza, że próby wykazały słuszność zasady regulacji i prawidłowość działania. Co do wysokości strat dodatkowych, wynikłych z doświadczalnego charakteru instalacji (zbyt długie rurociągi, za duże silniki napędów pomocniczych itd.), prof. Quiby ocenia je na 1,5%. O tyleż powiększyłaby się sprawność instalacji tej samej mocy, zbudowanej z wyeliminowaniem tych strat. Również

na sprawności sprężarki odbiło się wykonanie instalacji, jako obiektu doświadczalnego, o mocy, niezupełnie odpowiedniej dla tego typu maszyn. Dla większej mocy osiągniętoby niezawodnie wyższe sprawności.

6. Charakterystyka siłowni.

Siłownia powietrzna jest próbą połączenia poszczególnych zalet termodynamicznych, konstrukcyjnych i ruchowych innych silników cieplnych. Zewnętrznie całość urzą-



Rys. 8. Wykresy regulacji siłowni powietrznej.

dzenia przedstawia się jakby jedna aparatura powierzchniowa, podobna do instalacji chemicznej. Maszyny, turbina i sprężarka uderzająco małych wymiarów ustępują na plan dalszy.

W porównaniu z turbinami parowymi, jak też ze spalinowymi o obiegu otwartym, siłownię powietrzną wyróżniają korzystnie następujące cechy:

1. praca czystym czynnikiem, co powiększa pewność ruchu i wyklucza spadek sprawności wobec braku zanieczyszczeń, osadów, nagryzień itp.;
2. mniejsze wymiary maszyn;
3. mniejsze różnice wysokości łopatek ze względu na wysokie przeciwciśnienie turbiny i ciśnienie początkowe sprężarki;
4. łatwość powiększenia mocy zespołu przez powiększenie gęstości czynnika roboczego w całym obiegu, czyli łatwość przeciążenia; jednocześnie łatwość dostosowania się do wyższych naprężeń przez obniżenie najwyższej temperatury obiegu;
5. mały spadek sprawności przy obciążeniach częściowych; jednocześnie łatwość dalszego wyrównania sprawności przez podniesienie najwyższej temperatury obiegu, dopuszczalne wobec mniejszych naprężeń;
6. zredukowanie liczby typów wobec możliwości zmiany mocy jednego typu w szerokich granicach przez przesuwanie granicznych ciśnień obiegu;
7. wyższa sprawność.

Niezależnie od tego należy jeszcze podkreślić następujące zalety w stosunku do siłowni turbinowych parowych:

1. zbędność wody zasilającej i wszystkich urządzeń, związanych z jej przygotowaniem i dostarczeniem;
2. mała liczba stopni turbiny wobec znacznie mniejszych spadków zawartości ciepła;
3. mniejsze zapotrzebowanie miejsca całego urządzenia;
4. niezależność temperatury czynnika od ciśnienia i stosowanie wyższych ciśnień nie dla wyższej sprawności, lecz dla osiągnięcia małych wymiarów;
5. zmniejszenie ilości wody chłodzącej nie tylko wobec ograniczenia jej zadania, ale i możliwości znacznie większego nagrzania tej wody;
6. możliwość wyzyskania ciepła odprowadzanego z wodą chłodzącą przez podwyższenie stopnia nagrzania i zastosowanie do celów ogrzewniczych;
7. swoboda w układzie siłowni wobec braku specjalnych wymagań co do prowadzenia skroplin, wody zasilającej itp.; istnieje np. możliwość ustawienia ogrzewacza powietrza poza budynkiem bez obawy zamarzania.

Wreszcie w porównaniu z obiegiem spalinowym otwartym należy uwydatnić następujące cechy:

1. mniejszą moc sprężarki w stosunku do mocy turbiny (w obiegu otwartym sprężarka zasysa i tłoczy nadmierne ilości powietrza, potrzebne do obniżenia temperatury spalin);
2. większą gęstość czynnika roboczego, stąd mniejsze wymiary turbiny, a więc mniejsze zużycie drogich materiałów;
3. możliwość stosowania wyższych temperatur wobec bardziej równomiernego ogrzania czynnika roboczego i mniejszych wymiarów turbiny; jednoczesna łatwość utrzymania naprężeń w granicach 5—10 kg/mm² dla temperatur do 650° C i 2—5 kg/mm² do 750° C, zapewniających dostatecznie niską „szybkość pełzania" użytej stali;
4. wymiennik ciepła mniejszy wskutek większych ciśnień i prędkości, jako też czystego czynnika roboczego i możliwości stosowania rurek małej średnicy;
5. łatwość zastosowania paliwa gazowego przez zbędność osobnej sprężarki gazowej;
6. możliwość osiągnięcia wielkiej mocy użytecznej wobec mniejszych wymiarów ostatniego stopnia turbiny, a więc większej mocy granicznej turbiny, oraz mniejszej mocy sprężarki;
7. lepsze możliwości zastosowania paliwa stałego bądź w postaci pyłu węglowego, bądź w postaci gazu, po zgazowaniu w generatorach.

7. Widoki rozwoju.

Według przewidywań konstruktorów w dalszym rozwoju siłowni powietrznej możliwy jest bez nadmiernych trudności podział ogrzewacza na dwie części, czyli zastosowanie ogrzewania międzystopniowego, jak również podniesienie stosunku ciśnień. Pozwoli to jednocześnie na podniesienie sprawności i dalsze powiększenie mocy granicznej. Możliwy jest układ maszyn jednowałowy bez przekładni, co pozwoli na uproszczenie instalacji, albo dwuwałowy niesprzęgnięty (na jednym wale turbina wysokoprężna ze sprężarką, na drugim turbina niskoprężna z generatorem prądu elektrycznego), co pozwoli na wydatne zmniejszenie potrzebnej powierzchni. Już przy zastosowaniu ciśnienia 30 at da się osiągnąć moc użyteczna zespołu jednowałowego 100 000 kW, a przy ciśnieniu 60 at — moc 200 000 kW.

Siłownie powietrzne mogą być budowane bez podziemi, tj. w pomieszczeniach parterowych. Możliwe jest zastosowanie powietrza zamiast wody chłodzącej. Nie ma zasadniczych trudności w użyciu pyłu węglowego do ogrzewania powietrza.

Jako główne dziedziny zastosowania siłowni powietrznej możnaby ustalić: 1. siłownie dużej mocy, o ruchu ciągłym; 2. siłownie okrętowe; 3. siłownie na paliwo gazowe, w przemysłach o dużej ilości gazów odpadkowych (hutniczym, chemicznym itp.); 4. siłownie ogrzewnicze, dostarczające wody ogrzanej do 70—80° C do celów ogrzewniczych.

Interesujący projekt zastosowania zawiera wspomniany we wstępie odczyt dr Kellera. Dotyczy on użycia helu zamiast powietrza, a maszyny atomowej, jako źródła ciepła do ogrzewania helu. Specjalne własności helu w stosunku do reakcji atomowych pozwalałyby na ogrzewanie gazu bezpośrednio, bez użycia rurek ogrzewacza.

Co się tyczy możliwych do osiągnięcia sprawności, to przy założeniu danych konstrukcyjnych, leżących w sferze możliwości, i wszelkich ulepszeń można oczekiwać w instalacjach rzędu 10 000 kW i wyżej następujących wartości: temperatura powietrza przed sprężarką 20° C, przed turbiną 750° C, sprawność adiabatyczna jednego kadłuba turbiny 92%, sprężarki 89%, sprawność mechaniczna turbiny i sprężarki 98,5%, stosunek ciśnień 3,5, różnica temperatur w wymienniku 20° C, spółczynnik straty ciśnienia 0,06, spółczynnik nadmiaru powietrza 1,2, temperatura spalin odlotowych 120° C, straty na promieniowanie 3,5%, napędy pomocnicze 6%, sprawność cieplna całej instalacji (stosunek energii na sprzęgle do ciepła paliwa) 41,6%. Przy zastosowaniu międzystopniowego ogrzania powietrza (tylko jednorazowego) sprawność wzrosłaby do 46,2%, co odpowiada zużyciu ciepła 1860 kcal/kWh.

8. Pogląd krytyczny.

Na podstawie tylko materiałów cytowanych we wstępie i przy braku doświadczeń ruchowych w innych instalacjach poza próbną trudno jest ustalić słabe strony nowego pomysłu. Bezsprzecznie należy do nich ogrzewacz powietrza.

Interesujące jest zestawienie porównawcze, wyjęte z wydawnictwa Brown Boveri ze stycznia 1946 r. Jako zalety instalacji spalinowej otwartej w przeciwstawieniu do powietrznej zamkniętej wysuwa się tam:

1. zbędność ogrzewacza powietrza, który ma być droższy, niż kocioł parowy odpowiedniej siłowni parowej;
2. mniejszy — w odniesieniu do powierzchni — koszt wymiennika, wobec niskich ciśnień;
3. zbędność urządzenia do chłodzenia powietrza;
4. niższa temperatura powietrza na ssaniu, której podwyższenie obniża moc i sprawność obiegu;
5. możliwość wyższych temperatur przed turbiną, nie ograniczonych przez temperaturę ścianek rur ogrzewacza.

Po odwróceniu tych sformułowań otrzymalibyśmy zestawienie słabych stron siłowni powietrznej, z których najbardziej istotną jest sprawa ogrzewacza, a więc kosztu, warunków pracy rurek, ich trwałości itp. Niewątpliwie komora spalania w turbinie spalinowej otwartej jest elementem konstrukcyjnym prostszym i tańszym, dzięki czemu instalacja spalinowa turbinowa ma być tańsza od siłowni dyzlowskiej. Konstruktorzy siłowni powietrznej rzeczywiście przyznają, że w dzisiejszym stanie budowy ogrzewacz jest tak duży, jak nowoczesny kocioł wysokoprężny, oraz że koszt ogólny siłowni nie różni się wiele od siłowni parowej (z czego można by wnosić, że jest nieco wyższy).

Punkt 2 powyższego zestawienia wydaje się nieistotnym, wobec różnych wymiarów wymiennika, a punkt 4 — wobec łatwości uzyskania na innej podstawie wyższej mocy i sprawności właśnie w obiegu powietrznym zamkniętym. Wreszcie, jeżeli chodzi o punkt 5, konstruktorzy siłowni powietrznej podkreślają, że dobry spółczynnik przejścia ciepła (dzięki wysokiemu ciśnieniu powietrza w ogrzewaczu) obniża temperaturę ścianek rur do takich granic, że mogą być w nich dopuszczone takie same naprężenia, jak w wirujących częściach turbiny. Rzeczywiście, pomiary wykazały, że w rurkach wewnętrznych, wystawionych bezpośrednio na działanie ognia, temperatura ścianek, wynosząca około 700° C, była zaledwie o kilkanaście stopni wyższa, niż temperatura powietrza przed turbiną. Najwyższa temperatura 600° C, stosowana w obiegu spalinowym otwartym, może być uważana za pośredni dowód gorszych warunków pracy. Niewątpliwie też rurki ogrzewacza powietrza pracują w lepszych warunkach, niż rurki przegrzewacza pary wodnej o bardzo wysokich temperaturach, atakującej materiał rurek reakcją utleniania.

W krytycznej ocenie siłowni powietrznej interesuje nas jeszcze sprawność. Otóż wykonywany jest obecnie zespół spalinowy turbinowy o obiegu otwartym, mocy użytecznej 27000 kW, który — przy temperaturze powietrza 5° C — ma osiągnąć sprawność cieplną 34% (z uwzględnieniem już napędów pomocniczych), a to dzięki podwyższeniu ciśnienia spalania, sprężaniu powietrza w sprężarce dwukadłubowej i chłodzeniu między kadłubami, wreszcie zastosowaniu turbiny dwukadłubowej i ogrzewaniu ponownym spalin między kadłubami turbiny przez spalanie dodatkowego paliwa w drugiej komorze spalania przy niższym ciśnieniu niż w pierwszej.

W instalacji turbinowej parowej na najwyższą temperaturę 600° C, nie wykonanej, lecz dopiero obliczonej (Brown Boveri Revue, 1943 Nr 7/8), przy zastosowaniu ciśnienia 140 ata, przeciwciśnienia 0,04 ata, przegrzewania międzystopniowego pary na poziomie 35—30 ata znowu do temperatury 600° C, pięciostopniowego podgrzewania skroplin do 218° C, turbin o mocy 50 000 kW i kotłów normalnej budowy o sprawności 86%, sprawność cieplna całej instalacji wynosiłaby przy obciążeniu ekonomicznym 35%, czyli zużycie ciepła byłoby 2457 kcal/kWh. Przy zastosowaniu kotłów i przegrzewaczy Velox o sprawności 93% i podgrzewaniu skroplin tylko do 100° C sprawność wzrosłaby do 36, 6%, a zużycie ciepła spadłoby do 2350 kcal/kWh.

Obydwie te sprawności — 34% i 36,6% (względnie 35%) — nie są, oczywiście, porównywalne z niższą sprawnością, osiągniętą w doświadczalnej siłowni powietrznej o mocy 2000 kW. Należałoby je porównywać tylko ze sprawnością siłowni dużej mocy, z dodatkowym międzystopniowym ogrzewaniem powietrza, dochodzącą według przewidywań konstruktorów do 46,2% (ob. rozdz. 7).

Rozpowszechnieniu siłowni powietrznej przeszkodziła niewątpliwie wojna. Byłoby rzeczą niesłuszną uważać dość liczne wypadki zastosowania siłowni spalinowych z obiegiem otwartym za dowód uzyskanej przez ten obieg przewagi nad obiegiem powietrznym zamkniętym. Przypisać je należy raczej szczególnym właściwościom instalacji o obiegu otwartym: małym kosztom instalacyjnym, prostocie budowy i obsługi, możliwości stosowania taniego paliwa odpadkowego (mazutu). Wszędzie tam, gdzie chodzi o rezerwę, uzupełnienie mocy i pracę dorywczą, względy te przeważą małe zużycie paliwa. Podwyższenie sprawności cieplnej wymaga już skomplikowania instalacji i nie może osiągnąć poziomu obiegu zamkniętego. Wydaje się, że zastosowanie siłowni powietrznej, wobec powojennych trudności paliwowych, pójdzie przede wszystkim w kierunku wyzyskania dobrej sprawności w instalacjach większej mocy. Znaczne osiągalne oszczędności w zużyciu paliwa w połączeniu z innymi zaletami wyznaczają siłowni powietrznej poważną rolę w przyszłości. Oszczędność w zużyciu paliwa w stosunku do najlepszych wyników, osiągalnych w siłowniach parowych, sądząc z uzasadnionych przewidywań konstruktorów, wyrazi się liczbą okrągłę 25%. Jest sprawą rachunku rentowności zdecydowanie, jaką zwyżkę kosztów inwestycyjnych uzasadni osiągnięta oszczędność.

INŻ. B. WITWIŃSKI

Energetyka Okręgu Warszawskiego

Treść: Główne cechy charakterystyczne poboru prądu elektrycznego w wielkim mieście i metoda badania tego poboru. Założenia pomocnicze i „hypoteza ludnościowa" (zaludnienie obszaru w poszczególnych latach oraz zawodowy podział ludności). Pobór mocy i energii elektrycznej w różnych latach i dla różnych grup odbiorców: oświetlenie, grzejnictwo domowe, przemysł, trakcja elektryczna, instytucje społeczne i państwowe. Istniejące i projektowane źródła do pokrycia zapotrzebowania energii. Sposób tego pokrycia w ciągu 25-letniego okresu, podany na uporządkowanych wykresach obciążeń rocznych. Program inwestycyj energetycznych w postaci harmonogramu.

I. Założenia ogólne.

Energetyka jest jednym z poważnych fragmentów odbudowy i rozbudowy Okręgu Stołecznego przy jednoczesnej realizacji nowej koncepcji stołecznego zespołu miejskiego w ramach tworzącego się nowego ustroju społecznego i gospodarczego.

Budowa nowych urządzeń winna być poprzedzona projektowaniem, projektowanie zaś — planowaniem, przez które w elektroenergetyce rozumiemy przewidywanie głównych danych dla projektującego, odniesionych do dłuższego okresu czasu w odstępach np. co 5 lat. Badanie winno objąć dłuższy okres czasu, ponieważ inwestycje energetyczne mają charakter długofalowy i są powiązane z zagadnieniem przemysłu, komunikacji i transportu, regulacji rzek oraz z ogólną polityką demograficzną. Inwestycje te wymagają wzajemnego zharmonizowania na całym terenie państwa oraz dłuższego czasu budowy.

Musimy ustalić następujące dane: zapotrzebowanie roczne energii elektrycznej w kWh, ogólny szczyt mocy do pokrycia w kW, rozłożenie przestrzenne zapotrzebowania energii i mocy na poszczególne części rozpatrywanego obszaru, rozłożenie w czasie zapotrzebowania energii i mocy przez zaprojektowanie dziennej i rocznej zmienności tych wielkości oraz ewolucji w miarę upływu rozważanego okresu.

Planowanie takie, trudne nawet w okresie stabilizacji stosunków gospodarczych, jest szczególnie trudne w dobie obecnych znacznych zmian struktury społeczno-gospodarczej oraz w dobie powojennego gwałtownego rozwoju techniki. W okresie stabilizacji możemy przy planowaniu korzystać z wykresów, uzyskanych w czasie poprzednim, i poddać je ekstrapolacji, stosując dla kontroli porównanie z liczbami z innych krajów.

W niniejszym opracowaniu przyjęto następującą drogę. Na zasadzie prac badawczych, prowadzonych obecnie m.

inn. w Biurze Odbudowy Stolicy (BOS), ustalono tzw. hypotezę ludnościową dla danego obszaru i podział zawodowy ludności. Ustalono podział użytkowników energii elektrycznej na grupy, ich liczebność, charakter odbioru każdej grupy jako całości i charakter jej przeciętnego uczestnika, a mianowicie: moc zainstalowaną, udział grupy w rocznym szczycie okręgu, roczny pobór energii elektrycznej, czas rocznego wyzyskania mocy zainstalowanej lub w niektórych wypadkach — udziału grupy w szczycie okręgu. Podstawą służyć musiały m. inn. dane z polskiej i zagranicznej statystyki, odpowiednio rozważone i zmienione.

Uzyskane tą drogą liczby wynikowe porównano z liczbami, znanymi dla analogicznych wielkich miast i zespołów wielkomiejskich. Tą drogą sprawdzone i ewent. skorygowane liczby nabrały już pewnych cech prawdopodobieństwa.

Pobór energii elektrycznej w wielkich miastach cechują następujące właściwości:

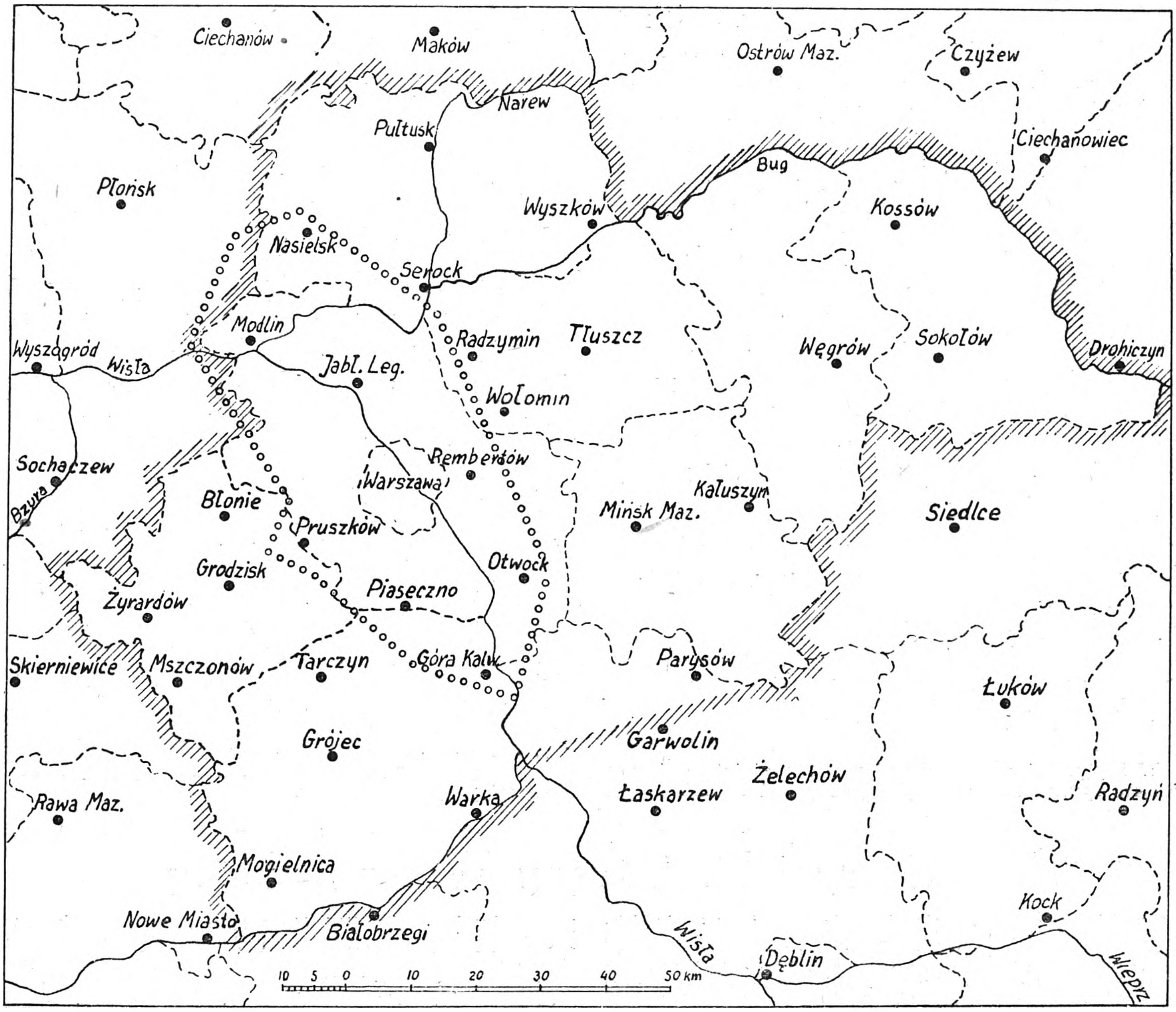
1. Konieczność niezawodności dopływu prądu większa niż np. w okręgu czysto przemysłowym. Konieczność zapobiegania nawet krótkim przerwom.

2. Wymagana stałość napięcia i okresów, większa niż w okręgu czysto przemysłowym ze względu na telekomunikację, trakcję elektryczną oraz reprezentacyjny charakter stolicy.

3. Duży szczyt oświetleniowy obserwowany nawet w stolicach, które mają charakter przemysłowy. Tłumaczy się to osobliwością wielkomiejskiego przemysłu, który jest z reguły przetwórczym przemysłem, pochłaniającym stosunkowo mniej energii, a więcej wysoko kwalifikowanej pracy ludzkiej. Szczyt ten np. przekraczał średnie obciążenie dzienne o następujące liczby w procentach od tegoż średniego obciążenia dziennego:

dla Berlina w 1937 r. 71%,
dla Paryża w 1936 r. 36%,
dla Warszawy w 1937 r. 76%, w 1938 r. 69%.

4. Duża rola trakcji elektrycznej. Np. w lecie 1946 r. w Paryżu przy sumarycznym obciążeniu okręgu ok. 700 MW. udział kolei podziemnej wynosił ok. 100 MW.



Granice:
- - - - - - - - - powiatu
/////////// Okręgu Energetycznego Warszawskiego
ooooooooooo Warszawskiego Zespołu Miejskiego

Rys. 1. Mapa Okręgu Energetycznego Warszawskiego

5. Duża rola grzejnictwa domowego elektrycznego, które stwarza nawet swoiste lokalne szczyty obciążenia np. szczyt ranny lub południowy.

6. Duża rola — jako odbiorców prądu instytucji rządowych, samorządowych oraz społecznych ze znacznym udziałem w szczycie.

7. Jednozmianowy charakter przemysłu wielkiego miasta, który nie opiera się zazwyczaj na procesach wytwarzania

ciągłych i nie znoszących przerwy i jest zelektryfikowanym przemysłem przetwórczym. Charakter ten powoduje na wykresie obciążenia niepożądane dla elektrowni doliny nocne.

8. Mały czas rocznego wyzyskania szczytu obciążenia, np. dla kilku miast europejskich w 1934 r.:

Wiedeń 3317 h, Kopenhaga 2560 h, Berlin 3040 h.

W wyniku powyższych przyczyn otrzymujemy dużą rozpiętość między rocznym szczytem i roczną doliną. Np. w Warszawie odpowiedni stosunek wynosił w 1938 r. 1 : 7,5; w zmienionych warunkach w r. 1946 wynosi on 1 : 5.

Niniejsze opracowanie oparto na następujących założeniach, wynikających częściowo ze zrealizowanej u nas organizacji energetyki i wogóle życia gospodarczego, częściowo zaś z obserwowanych tendencji rozwojowych.

a) Zakłada się planową i jednolicie dysponowaną współpracę wszystkich źródeł energii elektrycznej, dostępnych dla okręgu oraz wszystkich urządzeń sieciowych. Okręg Warszawski jest jednolicie kierowany przez Zjednoczenie Energetyczne i obejmuje (rys. 1) teren powiatów: warszawskiego, błońskiego, grójeckiego, mińskiego, pułtuskiego, radzymińskiego, węgrowskiego, sokołowskiego i półn. cz. garwolińskiego.

Ściślejszy obszar Warszawy o miejskim i podmiejskim charakterze, gromadzący tereny, ciążące bezpośrednio do stolicy, nazywany jest w dalszym ciągu Warszawskim Zespołem Miejskim (WZM). Teren ten sięga (rys. 1) od Modlina po Górę Kalwarię i od Zielonki po Pruszków, obejmuje zatem Warszawę w obecnych granicach administracyjnych i tereny peryferyjne.

b) Zakłada się, że dla grzejnictwa domowego (oprócz grzania lokali) stosuje się „częściej" elektryczność niż gaz i to w stos. 1 : 3. Należy, rozważając tę sprawę, uwzględnić okoliczność, że sieć gazowa istnieje lub będzie odbudowana w dzielnicy śródmiejskiej Warszawy i może w kilku dzielnicach mieszkaniowych, istniejących jako takie przed 1939 r. (Mokotów, Żoliborz). Ściśle śródmieście zresztą przestanie zwolna być ośrodkiem mieszkalnym. Natomiast nowo-projektowane dzielnice mieszkalne prawdopodobnie nie otrzymają wogóle sieci gazowej. W tych warunkach zużycie gazu do celów grzejnictwa domowego będzie się zmniejszać, jak to zresztą było i przed 1939 r. w Warszawie i w innych wielkich miastach w Europie.

c) Zakłada się, że zużycie en. elektr. na jednego mieszkańca będzie szybko wzrastać, osiągając w 1960 r. poziom głównych krajów zachodnio-europejskich. Należy zwrócić uwagę, że już w 1945 i 1946 r. obserwuje się oczekiwany lawinowy wzrost spożycia energii elektrycznej jak w całym państwie, tak i w Warszawie. Odnośne liczby przekroczyły już liczby z 1938 r. Mianowicie roczne spożycie w kWh na 1 mieszkańca wynosiło:

	1938 r.	1945 r.	1946 r.
w całej Polsce	113	157	225
w Warszawie	172	ok. 130	273

Przyczyny wzrostu spożycia energii elektrycznej w Polsce należy szukać w tempie rozwojowym głównych przemysłów, w przyłączeniu i zaludnieniu ziem odzyskanych, w żywiołowym pędzie do podniesienia poziomu życiowego, wreszcie w stosunkowej taniości prądu elektrycznego. Jak wiadomo bowiem ceny prądu i węgla (wolnorynkowe) są takie, że opłaci się elektryczne ogrzewanie każdego lokalu mieszkalnego. Poza tym ogólna polityka cen idzie po linii niskiej ceny prądu elektrycznego, jako artykułu pierwszej potrzeby dla ludności.

W dalszych obliczeniach odbiorcy energii elektrycznej będą podzieleni na grupy, a w obrębie każdej grupy będą przeprowadzone odrębne założenia i badanie udziału grupy w ogólnym szczycie oraz w ogólnym poborze prądu. Będą to następujące grupy:

1) oświetlenie i grzejnictwo w gospodarstwach domowych,

2) oświetlenie i grzejnictwo w lokalach handlowych i gastronomicznych,

3) oświetlenie i grzejnictwo w biurach i instytucjach, urzędach, teatrach, szpitalach, szkołach itp.,

4) oświetlenie publiczne zewnętrzne ulic, reklam, lotnisk itp.,

5) trakcja elektryczna wszelkiego rodzaju — węzeł kolejowy P. K. P., miejska komunikacja, podmiejska komunikacja,

6) przemysł,

7) wodociągi, kanalizacja, odwodnienia, drogi wodne,

8) rzemiosło,

9) rolnictwo i ogrodnictwo,

10) zużycie własne elektrowni.

Z wymienionych grup decydujące znaczenie posiadają oświetlenie i grzejnictwo domowe, trakcja elektryczna i przemysł.

Przed przystąpieniem do obliczeń należy rozważyć zagadnienie demograficzne, a więc wielkość zaludnienia, jego dynamikę oraz podział ludności na główne grupy. Opieramy się na dokonanych już pracach w tej dziedzinie (ob. m. inn. Skarpę Warszawską, nr 12 z 1946 r.). W tabl. 1 podajemy tzw. hipotezę ludnościową oddzielnie dla Warszawskiego Zespołu Miejskiego (WZM) i oddzielnie dla pozostałego obszaru okręgu energetycznego warszawskiego.

Tabl. 1. Zaludnienie okręgu.

Rok	Zaludnienie WZM	Zaludnienie pozostałej części okręgu	Zaludnienie całego okręgu
1946	610 000	650 000	1 260 000
1950	840 000	690 000	1 530 000
1955	1 000 000	725 000	1 725 000
1960	1 100 000	750 000	1 850 000
1965	1 180 000	780 000	1 960 000
1970	1 250 000	800 000	2 050 000

Liczba zawodowo czynnych w przemyśle na 1 mln. ludności 120 000

Liczba zawodowo czynnych w rzemiośle na 1 mln. ludności 55 000

Liczba zawodowo czynnych i biernych w rolnictwie tj. żyjących z pracy na roli, włączając członków rodzin, na 1 mln. ludności 100 000

Pojęcie „zawodowo czynny" oznacza mieszkańca osobiście wykonywującego daną zarobkową pracę. Pojęcie „zawodowo bierny" oznacza członków rodziny „zawodowo czynnego", którzy sami nie pracują w danym zawodzie lub, co najwyżej, pomagają nieco, jak to bywa w rolnictwie.

Rozważania rozciągniemy na lata 1946, 1950, 1955, 1960, 1965 i 1970 dla każdej z 10 grup oddzielnie.

Na zasadzie liczb wyjściowych, przyjętych dla każdej grupy, obliczamy dla poszczególnych lat zapotrzebowanie energii (w kWh) i udział w szczycie (w kW). Wyniki podaje tabl. 5. Dane dla 1946 r. są punktem wyjściowym rozważań i nie są oparte na hypotezie, lecz na statystyce już posiadanej.

II. Obliczenie poboru mocy i energii.

Grupa I. Gospodarstwo domowe (oświetlenie i grzejnictwo).

Zgodnie z podaną wyżej tablicą zaludnienia (tabl. 1) podano w tabl. 2 oddzielnie dla rozszerzonej Warszawy (WZM) i dla pozostałej części okręgu liczbę gospodarstw domowych oraz założone procenty ludności, korzystającej z prądu elektrycznego. Stąd ustalono liczby drobnych odbiorców prądu przyłączonych do sieci.

Tabl. 2. Gospodarstwa domowe.

Lata	WZM		Pozostała część okręgu		Liczba gospodarstw przyłącz. do sieci				
					WZM		Pozostała część okręgu		razem
	a	b	a	b	%		%		
1946	3,6	169 000	4,2	154 000	74	125 000	6,5	10 000	135 000
1950	3,6	233 000	4,0	172 000	75	175 000	10	17 200	192 200
1955	3,4	294 000	3,8	191 000	78	229 000	17	32 500	261 500
1960	3,4	324 000	3,8	197 000	85	275 000	40	78 800	353 800
1965	3,4	347 000	3 6	205 000	94	326 000	65	133 000	459 000
1970	3,4	368 000	3,6	290 000	96	353 000	80	176 000	529 000

Oznaczenia: a — liczba mieszkańców na 1 gospodarstwo domowe,
b — liczba gospodarstw domowych.

Opierając się na danych dotychczasowej praktyki, dotyczących miast polskich i zagranicznych, musimy zaprojektować średnią moc zainstalowaną na 1 gospodarstwo w kW,

udział w ogólnym szczycie, wyrażony w kW i w % mocy zainstalowanej, roczny czas wyzyskania mocy zainstalowanej w godzinach.

Przewidujemy następujący rozwój zapotrzebowania.

W latach 1946—1950 ludność będzie anormalnie stłoczona. Stąd przy dążeniu do ułatwienia życia przez stosowanie prądu elektrycznego oraz wobec niskich taryf na prąd elektryczny otrzymamy anormalnie duży czas wyzyskania mocy. Zjawisko to występuje wyraźnie już w 1946 r.; jedyną tamą, powstrzymującą lawinowy wzrost poboru energii elektrycznej, są zakazy ze strony elektrowni, kontyngenty miesięczne oraz trudności nabywania grzejników.

Od 1955 r. do 1965 r. będzie występowało intensywne przechodzenie z grzejnictwa domowego gazowego na elektryczne. Również będą intensywnie rozbudowywane sieci i przyłączenia mieszkań, przy czym akcja ta w Warszawie z natury rzeczy wyprzedzać będzie resztę okręgu. Około r. 1965 będzie osiągnięty stan nasycenia charakterystyczny dla przodujących państw Europy.

Zakładamy dla oświetlenia i grzejnictwa domowego liczby, podane w tabl. 3.

Tabl. 3. Przewidywane zapotrzebowanie energii dla gospodarstw domowych.

	W końcu 1946	W końcu 1955	W końcu 1970
Moc przyłączona średnia na 1 odbiorcę w kW	0,300	0,900	3,000
Udział w ogóln. szczycie: w % mocy zainstalowanej	65	30	14
w kW	0,195	0,270	0,420
Roczne wyzyskanie mocy przyłączonej w h	1950	850	400
Roczne spożycie na 1 odbiorcę w kWh	585	765	1 200

Liczby, dotyczące pośrednich lat, będą w dalszym opracowaniu wypośrodkowane.

Z liczb mocy przeciętnej przyłączonej na 1 odbiorcę wynika, że przyrządy grzejne grają tu dużą rolę, wzrastającą z biegiem lat. Uzasadnieniem tych liczb mogą być następujące materiały, dotyczące polskich i zagranicznych warunków i zaczerpnięte z podanych źródeł:

a) Podług statystyki Elektrowni Miejskiej w Warszawie w 1936 r. średnia moc przyłączona u drobnego odbiorcy na oświetlenie i drobne grzejnictwo wynosiła 259 W, średnie zużycie roczne 143 kWh. Udział w oświetleniowym wzroście obciążenia był na 1 odbiorcę w 1937 r. 109 W, w 1938 r. 101 W.

Liczba ta oznacza przypadającą na jednego odbiorcę różnicę w listopadzie lub grudniu pomiędzy szczytem a średnim dziennym obciążeniem przed nastaniem zmierzchu. Jest to zatem w warunkach warszawskich, gdzie prawie nie ma dużych kuchen elektrycznych, średni udział oświetlenia i drobnego grzejnictwa domowego w wieczorowym szczycie zimowym. Liczba ta dla Warszawy wynosiła około 1 listopada 1946 r. blisko 160 W. Zawarte jest tu pewne zniekształcenie, wywołane przez udział biur i sklepów, zresztą nieduże ze względu na jesienny, a nie zimowy sezon. Natomiast większe jest może zniekształcenie z powodu piecyków (temperatura ok. + 3° C — zimna jesień!), które nie wchodzą do wieczorowego skoku obciążenia, obliczonego w powyższy sposób: włączane w różnych godzinach dnia i nocy piecyki nie biorą udziału w liczbie 160 W, mają zaś swój niewątpliwy udział w wieczorowym szczycie.

b) W Zurychu (PE 1936, str. 12) średnia moc zainstalowana w 1932 r. na światło i drobne grzejnictwo była 500 W.

c) W Pradze ta sama liczba w 1932 r. wynosiła 370 W.

d) W Niemczech podług Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung (WEV) — Grundfragen der Elektrizitätswirtschaft — w 1936 roku moc zainstalowana na światło i drobne grzejnictwo wynosiła przeciętnie w 1 instalacji 500 W, roczne wyzyskanie tej mocy było 400 h; moc zainstalowana mieszkania z kuchnią elektryczną wynosiła średnio 5500 W, roczne wyzyskanie tej mocy około 180 h; grzanie posiłków przy całkowitej elektryfikacji kuchni: średnie miesięczne zużycie 192 kWh na rodzinę; udział w szczycie elektrowni 3—4% mocy zainstalowanej.

e) W Austrii podług Ratgeber ü Oester. Kleinabnehmer — Tarife (1934) przeciętnie: moc zainstalowana na światło i drobne grzejnictwo w 1 instalacji średnio w granicach 600—1200 W, roczne wyzyskanie 500—200 h, moc zainstalowana mieszkań z kuchnią elektryczną 2000—6000 W, roczny czas wyzyskania 500—300 h.

f) W Hamburgu (P. E., 1936, str. 12) średnia moc zainstalowana 369 W.

g) W Gdyni w grupie domów całkowicie zelektryfikowanych średnia moc zainstalowana (P.E., 1939, str. 540) w 1 mieszkaniu 4250 W, roczne wyzyskanie tej mocy 425 h, szczyt na 1 mieszkanie 325 W, roczne zużycie na 1 mieszkanie 1802 kWh.

h) W Łodzi w 1938 r. roczne zużycie na oświetlenie na 1 odbiorcę 166 kWh.

i) Podług Gospodarki Elektrycznej M. Altenberga w Römerstadt pod Frankfurtem, według danych z 1200 lokali całkowicie zelektryfikowanych przy średniej liczebności 1 rodziny — 3 osoby, zużycie na światło wyniosło 0,18 kWh dziennie na osobę, na gotowanie 0,77 kWh dziennie na osobę, na grzanie wody 1,43 kWh dziennie na osobę, razem 2,38 kWh, a więc roczne zużycie na rodzinę 2,33 . 365 . 3 = 2610 kWh. Udział kuchni o mocy 5,4 kW w szczycie ogólnym — 15% mocy zainstalowanej .

j) Podług Mortzscha (Elektrisches Kochen, 1932) 1 kuchnia elektryczna bierze udział w szczycie elektrowni mocą 200 W.

k) Podług V. Lista — Gospodarka Elektryczna — podwojenie spożycia energii w dużych przedsiębiorstwach elektryfikacyjnych następuje po 2—10 latach.

Udział grupy w ogólnym poborze prądu jest znaczny, zmniejsza ona czas rocznego użytkowania ogólnego szczytu obciążenia.

Grupa 2. Zakłady handlowe, gastronomiczne itp.

W grupie tej ujęte jest oświetlenie, grzejnictwo i drobna siła w sklepach, restauracjach, kawiarniach itp. Podług Małego Rocznika Statystycznego w 1938 r. ilość wykup. świadectw handl. w Warszawie była 33 115, w woj. Warszawskim 36 218.

Liczby te są ważne przy ówczesnym zaludnieniu w m. st. Warszawie 1 289 000 mieszk. i w woj. Warszawskim 2 740 000 mieszk. Na 1000 mieszkańców wypadało sklepów (a ściślej świadectw przemysłowych): w m. st. Warszawie 25,7, w woj. Warszawskim 13,2.

We wrześniu 1946 r. było w Warszawie na 1000 mieszkańców ok. 8 sklepów i zakładów gastronomicznych, przyłączonych do sieci elektrycznej. W pozostałej części okręgu liczba ta jest znacznie mniejsza.

Zakładamy, że organizacja rozdziału towarów ulegnie poprawie i że spółdzielnie będą odgrywać coraz bardziej wzrastającą rolę. W związku z tym liczba sklepów na 1000 mieszkańców będzie się zmniejszać po przejściowym wzroście, spowodowanym wzrostem prywatnego pośrednictwa i niedostatecznym jeszcze rozwojem spółdzielczości.

Przyjmujemy następujące ilości zakładów, przyłączonych do sieci na 1000 mieszkańców, włączając w to również zakłady gastronomiczne:

	W. Z. M.	Reszta okręgu
w latach 1946—50	5,5 zakł.	3,6 zakł.
„ 1951—60	10 „	8 „
„ 1961—70	8 „	7 „

Przyjmujemy, że procent sklepów i tym podobnych przedsiębiorstw, dołączonych do sieci elektrycznej, jest w stosunku do całkowitej liczby zakładów znacznie większy, niż dla mieszkań prywatnych.

Zakładamy następujące moce przyłączone, udział w szczycie i roczny czas wyzyskania przeciętnie na 1 sklep itp.:

	Moc przyłączona	Spółczynnik udziału w szczycie	Roczny czas wyzyskania mocy przyłączonej
1946	0,4 kW		1200 h
1950	0,5 „		
1955	0,6 „		
1960	0,8 „	0,75	1000 h
1965	1,2 „		
1970	1,75 „		

Powyższe cyfry czasu wyzyskania podobne są do danych dla Berlina i Osnabrück, przytoczonych przez Seegera („Lichtverbrauch Europas"), oraz odpowiadają ogólnej ocenie wzrostu tej liczby.

Grupa 3. Biura i instytucje publiczne.

Do grupy tej należą nie tylko instytucje państwowe, lecz również samorządowe, spółdzielcze i inne. Należą tu również szkoły, szpitale itp. oraz biura prywatne.

Grupa ta gra nieoczekiwanie dużą rolę w poborze prądu i cechuje ją stosunkowo znaczne wyzyskanie mocy przyłączonej. Objaśnia się to okolicznością, że w tej grupie bezpośrednio użytkujący prąd nie płaci zań (płaci instytucja!); należą tu również często mieszkania prywatne pracowników, przyłączone do licznika instytucji. Elektryczne grzejnictwo jest w tej grupie znacznie rozpowszechnione. Nienaturalnie duże wyzyskanie mocy zainstalowanej w tej grupie (mieszkania przy biurach, piecyki w biurach!) będzie zmniejszać się w w najbliższych latach w miarę normalizacji stosunków.

Liczba tego rodzaju instytucji odrębnych lokalowo na terenie okręgu sięga w końcu 1946 r. ok. 3000 z mocą zainstalowaną przeciętnie 4,8 kW, z rocznym czasem wyzyskania ok. 1100 h i ze spółczynnikiem udziału w szczycie obciążenia 0,7 . Liczby te wzrastają z biegiem lat z wyjątkiem spółczynnika udziału w szczycie i rocznego czasu wyzyskania. Przeciętna moc przyłączona początkowo w miarę normalizacji stosunków maleje, w dalszych zaś latach wzrasta na skutek ogólnego postępu. Zakładamy zatem następujące liczby:

	Moc przyłącz. na 1 lokal	Liczba lokali	Spółczynnik udziału w szczycie	Roczny czas wyzyskania mocy przyłączonej
1946	4,8 kW	3000		1100 h
1950	3,0 kW	5100		730 „
1955		5400		730 „
1960	4,0 kW	7500	0,7	700 „
1965		8250		650 „
1970		9000		650 „

Grupa 4. Oświetlenie publiczne zewnętrzne.

Do tej grupy zaliczono oświetlenie ulic, reklam, lotnisk, dróg dojazdowych itp.Przyjęto, że w r. 1951 będzie osiągnięte zapotrzebowanie mocy i energii zbliżone do liczb z 1938 r. tj.

W Elektrowni Warszawskiej	7 943 000 kWh
W Elektrowni Pruszkowskiej	713 000 kWh
	8 656 000 kWh.

Zakładając 3000 h rocznego wyzyskania, otrzymamy moc zainstalowaną 1938 r. w zaokrągleniu 3000 kW.

Wzrost ilości lamp elektrycznych do oświetlenia publicznego w Warszawie wynosił od 1929 r. do 1932 r. 23%. Odpowiednie liczby dla miast zagranicznych były: Wiedeń 24%, Zurych 35%, Praga 45%, Rzym 14%, Budapeszt 30% (według Seegera, Der Lichtverbrauch Europas).

Założono, zgodnie z programem odbudowy stolicy oraz z ogólną tendencją w Europie, zaznaczoną w wymienionej książce Seegera, wzrost mocy lamp po 1950 r. w wysokości 100% w ciągu 5 lat; w dalszych latach liczba ta maleje.

Roczny czas wyzyskania oświetlenia publicznego zależy od stosunku ilości lamp całonocnych do ilości lamp północnych. W pierwszym powojennym roku czas ten wynosi 3500 h, a więc znaczną przewagę mają lampy całonocne. W 1950 r. i w dalszych latach następuje wzrost liczby lamp północnych i spadek czasu wyzyskania mocy. Zasadniczo jednak ze wzrostem dobrobytu i rozwojem stolicy nastąpi tendencja przechodzenia na lampy całonocne, wskutek czego czas wyzyskania zacznie znów wzrastać. Udział grupy oświetlenia publicznego w ogólnym szczycie przyjęto całą mocą. Moce te, założone dla poszczególnych lat, są następujące:

1946 — 1200 kW	1960 — 7000 kW
1950 — 2400 „	1965 — 9500 „
1955 — 5000 „	1970 — 12000 „

Zużycie energii na oświetlenie publiczne stanowi 2—3% całkowitego zużycia. Jest to zgodne z danemi dla głównych miast europejskich, przytoczonymi w cytowanej pracy Seegera.

Grupa 5. Trakcja elektryczna wszelkich rodzajów.

Należy tu trakcja osobowa i towarowa na zelektryfikowanych liniach węzła warszawskiego P. K. P., miejska komunikacja elektryczna — tramwaje, elektrobusy i kolej podziemna, podmiejskie kolejki elektryczne.

Dane, dotyczące obciążenia i pracy potrzebnej dla trakcji, zaczerpnięto z informacji dostarczonych przez Wydział Elektryczny P. K. P. oraz przez Miejskie Zakłady Komunikacyjne.

Jako szczyt włączony do zestawień szczytu ogólnego przyjęto sumę arytmetyczną szczytów 15-minutowych, powiększając tę liczbę dla lat 1946 i 1950 o ok. 20% ze względu na małą jeszcze gęstość ruchu i pochodzące stąd ostrzejsze występowanie szczytów chwilowych, które same w sobie mogą przekraczać szczyty 15-minutowe o 100—200%.

Roczne wyzyskanie szczytu grupowego zaprojektowano w grupie trakcji elektrycznej od 2750 h w 1946 r. do 3700 h w 1970 r. Grupa ta zatem początkowo zmniejsza wyzyskanie szczytu całości, po 1955 r. zaś wpływ jej zmienia się na odwrotny.

Przyjęto, że **cały** szczyt obliczony w powyższy sposób wchodzi do szczytu obciążenia okręgu. Oto jakie są liczby przyjętego udziału grupy trakcji w szczycie okręgu, jak również roczne wyzyskanie:

1946 — 6000 kW — 2750 h	1960 — 75000 kW — 3500 h
1950 — 13000 „ — 3200 „	1965 — 115000 „ — 3600 „
1955 — 35000 „ — 3400 „	1970 — 150000 „ — 3700 „

Grupa 6. Przemysł.

Przemysł stołeczny ma specjalny charakter, odpowiadający określeniu „przemysł przetwórczy". Rozumie się przez to następujące rodzaje przemysłu, które mają skłonność do grupowania się w dużym mieście stołecznym, odległym od baz surowcowych: mineralny, metalowy, elektrotechniczny, chemiczny, włókienniczy, papierniczy, skórzany, drzewny, spożywczy, poligraficzny, precyzyjny.

Rzeczywiście przemysł okręgu warszawskiego przed 1939 r. dawał taki właśnie obraz. Wymienione przemysły nie wymagają dowozu ciężkich objętościowych surowców i środków transportu o dużej zdolności przepustowej, natomiast wymagają wysoko kwalifikowanej pracy ludzkiej, są dobrze zelektryfikowane, wymagają ciepła i gazu, również bliskości pracowni badawczych, kontaktu z rzeczoznawcami. Przemysły te mogą być tylko w nieznacznym stopniu uciążliwe dla otoczenia. Powyższymi okolicznościami tłumaczy się, że właśnie te, a nie inne gałęzie przemysłu grupowały się w sposób naturalny w okręgu stolicy. Jest rzeczą prawdopodobną, że i w zmienionych warunkach społeczno-gospodarczych pozostaną w okręgu stołecznym te same rodzaje przemysłu, ponieważ wymienione cechy przemysłu wielkomiejskiego nie są związane wyłącznie z warunkami dawnymi.

Podług Mał. Roczn. Statyst. z 1939 r. dla wymienionych kategorii przemysłu były miarodajne po odpowiednim przeliczeniu następujące dane, dotyczące całej Polski i 1936 r.:

Moc silników różn. rodzajów na 1 pracown.	1,98 kW
To samo odnośnie siln. elektrycznych . .	1,12 kW
Ilość zakładów przemysł. (I—VII kateg. świad. przemysł.), czynnych w 1937 r.:	
w Warszawie	2676
w woj. Warszawskim	1177
w całej Polsce	24362
Ilość pracowników najemnych w zakł. i latach j. w.	
w Warszawie	99817
w woj. Warszawskim	43337
w całej Polsce	794796
Zużycie energii elektrycznej na 1 pracownika rocznie dla całej Polski	2140 kWh
Roczne wyzyskanie mocy siln. elektr. . .	1920 h

W tablicy 4 przytoczono zużycie energii i jej koszt dla różnych rodzajów przemysłu podług włoskich danych.

W grupie „przemysł" nie uwzględniamy urządzeń użyteczności publicznej, jak elektrownie, wodociągi, komunikacja itp.

Obliczenie przypuszczalnego zapotrzebowania mocy i energii elektrycznej przez przemysł można by dokonać kilkoma

drogami. Więc można by zaprojektować: a) rodzaje przemysłu dla danego okręgu, b) rozmiary produkcji każdego rodzaju, liczbę zakładów przemysłowych itp., c) zużycie energii elektrycznej dla produkcji o zaprojektowanej pojemności, d) zmianę powyższych charakterystycznych liczb w ciągu rozważanego okresu. Stąd można by uzyskać zapotrzebowanie energii przez przemysł.

Metoda powyższa kryje jednak zbyt dużo niewiadomych i jest bardzo skomplikowana, będąc jednocześnie metodą

Tabl. 4. Zużycie energii elektrycznej w przemyśle i jej koszt podług włoskich danych z lat 1931 — 1932[1])

Przemysł	Spółczynnik elektryfikacji[2])		Koszt robocizny (w lirach na godz.)		Zużycie energii w kWh na 100 lirów wydatków na robociznę[3])	
	1931	1932	1931	1932	1931	1932
Papierniczy	3,57	4,00	1,81	1,78	197,2	224,7
Metalurgiczny	2,89	3,38	2,58	2.50	112,0	135,2
Chemiczny	1,42	1,85	2,12	2.06	66,9	89,8
Spożywczy	1,34	1,48	1,94	1,92	69,0	77,0
Włókienniczy	0,65	0,75	1,49	1,44	43,6	52,0
Mechaniczny	0,59	0,62	2,58	2,50	22,8	24,8
Ceramiczny i szklany .	0,64	0,61	2,15	2,09	29,7	29 1
Górniczy	0,45	0,53	2,14	1.96	21,0	27,0
Budowlany . . .	0,33	0,37	2,13	2,06	15,4	17,9
Drzewny	0 37	0,37	1,89	1,84	19,5	20,1
Graficzny	0,22	0,24	2,41	2,45	9,1	9,8
Odzieżowy	0,09	0,10	1,56	1,49	5,7	6,7

[1]) Wyciąg z biuletynu Komisji Propagandowej Związku Elektrowni Polskich, wrzesień 1935 r., nr 2 (59-63), str. 50,

[2]) Spółcz. elektryfikacji jest to stosunek zużytych kWh do liczby robotniko-godzin.

[3]) Średni koszt energii dla przemysłu wynosił w tych latach prawdopodobnie około 0,7 lira kWh.

najbardziej przejrzystej syntezy. Sposób ten lepiej nadaje się do planowania zużycia energii elektrycznej np. w okręgu górniczym lub hutniczym, w okręgu jednolitego ciężkiego przemysłu.

W niniejszym opracowaniu i wobec rodzajów przemysłu, których rozmiar wytwórczości niepomiernie trudniej jest zaprojektować niż np. w górnictwie węglowym, zastosowano metodę inną: wychodząc z liczby ludności zawodowo czynnej w przemyśle (tzn. liczby pracowników bez wliczenia rodzin) oraz z przyjętego na współczesnym poziomie stopnia zelektryfikowania przemysłu, zaprojektowano zużycie energii elektrycznej na 1 robotnika. Stąd otrzymano zużycie mocy i energii przez przemysł w miarę rozwoju stolicy.

Na podstawie specjalnych badań statystycznych i demograficznych przyjęto, że ilość zawodowo czynnych w przemyśle wyniesie na obszarze W. Z. M., poczynając od 1955 r., 12% ludności. Przed 1955 r. założono liczby mniejsze.

Uwzględniono okoliczność, że do r. 1955 przemysł budowlany będzie przemysłem głównie zatrudniającym ludność Warszawy. Powstawanie innych rodzajów przemysłu będzie w tym czasie jeszcze hamowane w Warszawie ze względu na warunki mieszkaniowe. W tym więc okresie zużycie en. el. na 1 robotnika będzie bardzo małe, co odpowiada przemysłowi budowlanemu i co ulegnie zmianie dopiero po 1955 r., kiedy malejąca liczba zatrudnionych w budownictwie będzie uzupełniona wzrastającą liczbą zatrudnionych w przemyśle przetwórczym.

Założono dalej, że siedzibą przemysłu będzie obszar W. Z. M., pozostały zaś teren okręgu będzie rolniczym, oraz że stopień zelektryfikowania przemysłu będzie stale wzrastał, osiągając ok. r. 1960 stan sprzed 1939 r., a w r. 1970 — stan czołowych pod tym względem krajów Europy.

Na podstawie powyższych założeń otrzymano następującą tabelę liczby robotników zawodowo czynnych oraz zaprojektowano moce, zainstalowane na 1 robotnika, zaliczając tu napęd, oświetlenie i grzejnictwo:

w	1946 —	61.000 rob.	— 0,26 kW	mocy zainst.	na 1	rob.
w	1950 —	84.000 „	— 0,3 „	„ „	„ 1	„
w	1955 —	120.000 „	— 0,4 „	„ „	„ 1	„
w	1960 —	132.000 „	— 0,8 „	„ „	„ 1	„
w	1965 —	142.000 „	— 1,40 „	„ „	„ 1	„
w	1970 —	150.000 „	— 2,50 „	„ „	„ 1	„

Cytowane źródło WEV podaje jako czas rocznego wyzyskania szczytu grupy przemysłu miejskiego: od 1960 — do 3570 h, zależnie od rodzaju przemysłu.

Jak widać z danych przytoczonych dla Lwowa, Berlina i Osnabrück przez M. Altenberga (Gospod. Elektr.) do szczytu oświetleniowego wielkiego miasta wchodzi około 50% grupowego szczytu przemysłu. Uwzględnimy podług Lista tzw. stopień zapotrzebowania, czyli stosunek

$$\frac{\text{własny szczyt poboru grupy}}{\text{moc zainstalowana}} = 50\%$$

Otrzymamy, że przemysł wchodzi do szczytu oświetleniowego mocą równą 25% swej mocy zainstalowanej. Liczba ta dotyczy lat 1946—1955. W r. 1960 przyjęto 30%, dla lat 1965—1970 — 35%.

Roczne wyzyskanie mocy zainstalowanej przyjmujemy w niniejszym opracowaniu od 1700 do 2000 h (w 1970 r.)

Gr. 6 — przemysł ma, jak wynika z tego, wyzyskanie roczne swego udziału w szczycie ogólnym od 6800 do 5700 h. Grupa ta zatem ma wpływ na całość odbioru w kierunku zwiększenia czasu wyzyskania szczytu poboru w okręgu.

Dla porównania przewidywań ze stanem rzeczywistym z niedawnej przeszłości nadmienimy, że w r. 1938—39 suma szczytów 30 zakładów większego przemysłu w Elektrowni Miejskiej w Warszawie wynosiła 12600 kW. Natomiast w dn. 6. 7. 1938 (dzień powszedni) średnie dzienne obciążenie było o 12000 kW większe niż obciążenie o g. 6 rano.

Uwzględniając, że w tym dziennym obciążeniu miała swój udział również trakcja i, z drugiej strony, że część przemysłu pracowała również w nocy, dojdziemy do prawdopodobnej liczby 13000 kW, jako grupowego szczytu przemysłu w El. Warsz. w 1938 r.

Grupa 7. Wodociągi, kanalizacja, odwodnienie, drogi wodne.

Przyjęto obciążenie w kW i spożycie energii w kWh dla okresu 1946 — 70 podług danych uzyskanych z właściwych działów gospodarki miejskiej w Warszawie. Całe zapotrzebowanie mocy potraktowano jako udział w szczycie.

Grupa 8. Rzemiosło.

Założono (p. uwagę do tablicy zaludnienia), że liczba rzemieślników poczynając od 1955 r. równa jest 5,5% ogółu ludności. Stąd otrzymano podane niżej liczby dla lat 1955—1970, w latach zaś 1946 i 1950 jako jeszcze nie normalnych założono liczby zmniejszone:

1946 —	25000 rzemieślników	1960 —	102000 rzemieślników
1950 —	45000 „	1965 —	107000 „
1955 —	95000 „	1970 —	112500 „

Porównamy te liczby z liczbami sprzed 1939 r. Podług Mał. Roczn. Statyst. z 1939 r. wydanych kart rzemieślniczych w 1937 r. było: w m. st. Warszawie 23 166, w woj. warszawskim 39 037. Obecny teren okręgu stanowi około 1/3 terenu b. woj. warszawskiego. Do obliczenia rzemieślników w 1939 r. na terenie obecnego okręgu wprowadzimy jednak spółczynnik 0,5, by uwzględnić większe zgęszczenie ludności w pobliżu Warszawy. Zatem w 1939 r. liczba kart rzemieślniczych na terenie okręgu była 23166 + 19518 = 42684, w zaokrągleniu 43000.

Jeżeli założyć, że na 1 kartę rzemieślniczą przypada 2 rzemieślników, otrzymamy dla 1939 r. liczbę tych ostatnich 86000. Założona dla 1946 r. liczba rzemieślników jest znacznie mniejsza, co odpowiada rzeczywistości.

Zaprojektowaniu podlegają moce zainstalowane na grzejnictwo i drobny napęd w warsztatach rzemieślniczych (bez uwzględnienia światła nawet, gdy warsztat jest jednocześnie mieszkaniem) oraz odpowiednie zużycie energii.

Zaprojektowano następujące wielkości:

	Moc zainst. na 1 rzemieślnika	Spółcz. udz. w szczycie	Roczne wyzyskanie mocy zainstalowanej
1946	— 0,035 kW	0,2	150 h
1950	— 0,05 „		
1955	— 0,075 „		
1960	— 0,125 „		250 h
1965	— 0,175 „		
1970	— 0,225 „		

Na zasadzie tych danych ułożono liczby, które weszły w skład ogólnego zestawienia.

Przytaczamy dane dotyczące rzemiosła z literatury.

Podług cytowanego źródła WEV dla całych Niemiec w 1936 r. liczby zawarte są w następujących granicach:

śr. moc przyłącz 1,5 — 5,0 kW
śr. czas rocznego użytk. 200 h
śr. roczne zużycie 100—1000 kWh.

Podług cytowanego źródła austriackiego „Ratgeber": dla rzemiosła pracującego w dzień, stosunek udziału w szczycie ogólnym do mocy zainstalowanej jest równy 0,41 — 0,2, śr. roczne wyzyskanie 300—600 h.

Grupa 9. Światło, siła i grzejnictwo w osiedlach rolniczych i ogrodniczych.

Energia elektryczna zużyta w mieszkaniach rolników nie jest uwzględniona w tym rozdziale.

W warunkach podmiejskich rolnictwo i ogrodnictwo, znajdujące się na terenie okręgu, ma inny charakter, niż na obszarach czysto rolniczych, to też normalne średnie liczby zużycia nie zawsze znajdą tu zastosowanie.

Tablica 5. Obciążenia szczytowe i roczna produkcja energii

(Liczby, dotyczące mocy w MW, są podane na koniec odpowiedniego roku)

Grupa	Wyszczególnienie	1946 r.	1950 r.	1955 r.	1960 r.	1965 r.	1970 r.
1. Oświetlenie i grzejnictwo domowe	Liczba gospod. przyłączonych (tys.)	135,0	192,2	261,5	353,8	459,0	529,0
	Moc przyłącz. na 1 gospodarstwo (kW)	*0,3*	*0,5*	*0,9*	*1,5*	*2,3*	*3,0*
	Spółcz. udziału w szczycie ogólnym	*0,65*	*0,45*	*0,3*	*0,23*	*0,18*	*0,14*
	Udział w szczycie ogólnym (MW)	26,3	43,2	70,6	122,0	190,0	222,0
	Roczne wyzyskanie mocy przyłącz. (h)	**1950**	**1100**	**850**	**650**	**500**	**400**
	Roczny pobór energii (10^3 MWh)	**79,0**	**105,7**	**200,0**	**368,0**	**528,0**	**636,0**
2. Oświetlenie i grzejn. w lokalach handl. i gastronomicznych	Liczba lokali przyłączonych (tys.)	5,38	8,96	15,8	17,0	15,0	15,0
	Moc przyłączona na 1 lokal (kW)	*0,4*	*0,5*	*0,6*	*0,8*	*1,2*	*1,75*
	Spółcz. udziału w szczycie ogólnym	*0,75*	*0,75*	*0,75*	*0,75*	*0,75*	*0,75*
	Udział w szczycie ogólnym (MW)	1,6	3,4	7,1	10,2	13,5	19,8
	Roczne wyzyskanie mocy przyłącz. (h)	**1200**	**1000**	**1000**	**1000**	**1000**	**1000**
	Roczny pobór energii (10^3 MWh)	**2,6**	**4,5**	**9,5**	**13,6**	**18,0**	**24,9**
3. Oświetlenie i grzejnictwo w biurach i instyt. publicznych	Liczba lokali (tys.)	3,0	5,1	5,4	7,5	8,25	9,0
	Moc przyłączona na 1 lokal (kW)	*4,8*	*3,0*	*3,0*	*4,0*	*4,0*	*4,0*
	Udział w szczycie ogólnym (MW)	10,0	10,7	11,3	21,0	23,1	25,2
	Roczne wyzyskanie mocy przyłącz. (h)	**1100**	**730**	**730**	**700**	**650**	**650**
	Roczny pobór energii (10^3 MWh)	**15,8**	**11,4**	**11,8**	**21,0**	**21,5**	**23,4**
4. Oświetlenie publiczne zewnętrzne	Moc przyłączona i udział w szczycie ogólnym (MW)	1,2	2,4	5,0	7,0	9,5	12,0
	Roczne wyzyskanie mocy przyłącz. (h)	**3500**	**3000**	**3400**	**3400**	**3800**	**3800**
	Roczny pobór energii (10^3 MWh)	**4,2**	**7,2**	**17,0**	**23,8**	**36,1**	**45,6**
5. Trakcja elektryczna wszelkich rodzajów	Chwilowy szczyt, wchodzący do szczytu ogólnego (MW)	6,0	13,0	35,0	75,0	115,0	150,0
	Roczne wyzysk. szczytu ogóln. (h)	**2750**	**3200**	**3400**	**3500**	**3600**	**3700**
	Roczny pobór energii (10^3 MWh)	**16,5**	**41,6**	**119,0**	**263,0**	**413,0**	**555,0**
6. Przemysł	Moc przyłączona (MW)	16,0	25,2	48,0	105,5	200,0	375,0
	Udział w szczycie ogólnym (MW)	4,0	6,3	12,0	32,0	70,0	131,0
	Roczne wyzyskanie mocy przyłącz. (h)	**1700**	**1700**	**1700**	**1700**	**2000**	**2000**
	Roczny pobór energii (10^3 MWh)	**27,2**	**42,8**	**81,5**	**179,0**	**400,0**	**750,0**
7. Wodociągi, kanalizacja, drogi wodne	Udział w szczycie ogólnym (MW)	1,5	2,5	3,1	4,5	4,9	6,3
	Roczny pobór energii (10^3 MWh)	**8,0**	**14,5**	**19,5**	**25,5**	**29,5**	**38,5**
8. Rzemiosło	Moc przyłączona (MW)	0,875	2,25	7,125	12,75	18,8	25,35
	Udział w szczycie ogólnym (MW)	0,2	0,5	1,4	2,6	3,8	5,1
	Roczne wyzyskanie mocy przyłącz. (h)	**150**	**150**	**150**	**250**	**250**	**250**
	Roczny pobór energii (10^3 MWh)	**0,3**	**0,7**	**2,1**	**6,4**	**9,4**	**12,5**
9. Rolnictwo i ogrodnictwo	Moc przyłączona (MW)	0,59	4,72	16,5	32,4	62,0	104,0
	Udział w szczycie ogólnym (MW)	0,1	0,5	1,7	3,2	6,2	10,4
	Roczne wyzyskanie mocy przyłącz. (h)	**150**	**150**	**150**	**250**	**250**	**250**
	Roczny pobór energii (10^3 MWh)	**0,1**	**0,7**	**2,5**	**8,1**	**15,5**	**25,1**
10. Zużycie własne elektrowni	Udział w szczycie ogólnym (MW)	2,0	3,0	5,0	8,0	15,0	20,0
	Roczny pobór energii (10^3 MWh)	**14,5**	**21,6**	**25,0**	**56,0**	**60,0**	**80,0**
Razem wszystkie grupy	Szczyt ogólny u odbiorców (MW)	52,9	85,5	152,2	285,5	451,0	601,8
	Roczny pobór energii (10^3 MWh)	**168,2**	**250,7**	**487,9**	**964,4**	**1531,0**	**2191,0**
	Po doliczeniu 10% na straty w sieci otrzymuje się w zaokrągleniu:						
	Szczyt ogólny u źródeł energii (MW)	58	94	167	314	496	662
	Roczna produkcja (10^3MWh)	**185**	**276**	**537**	**1061**	**1685**	**2410**
	Roczne wyzyskanie szczytu (h)	**3190**	**2940**	**3380**	**3400**	**3400**	**3640**
	Roczne spożycie energii na 1 mieszkańca (kWh)	147	180	310	574	860	1175

Założono liczbę gospodarstw rolniczych i ogrodniczych 59 000 w 1946 r. Liczba ta w dalszych latach nie ulega zmianie. Jest ona 1½ raza mniejsza, niż liczba gospodarstw na rozpatrywanym terenie podług Mał. Roczn. Statyst. za 1939 r. W ten sposób uwzględniono okoliczność, że w terenie podstołecznym objekty rolne znajdą częstokroć inne przeznaczenie; również uwzględniono naprawę ustroju rolnego przez scalenie b. drobnych gospodarstw.

Założono następujące dane poboru:

Moc zainst. w kW na 1 gospodarstwo	Spółczynnik udz. w szczycie ogóln.	Roczne wyzysk. mocy zainst. w h
1946 — 0,1	0,1	150
1950 — 0,4		
1955 — 0,7		
1960 — 1,0		250
1965 — 1,5		
1970 — 2,0		

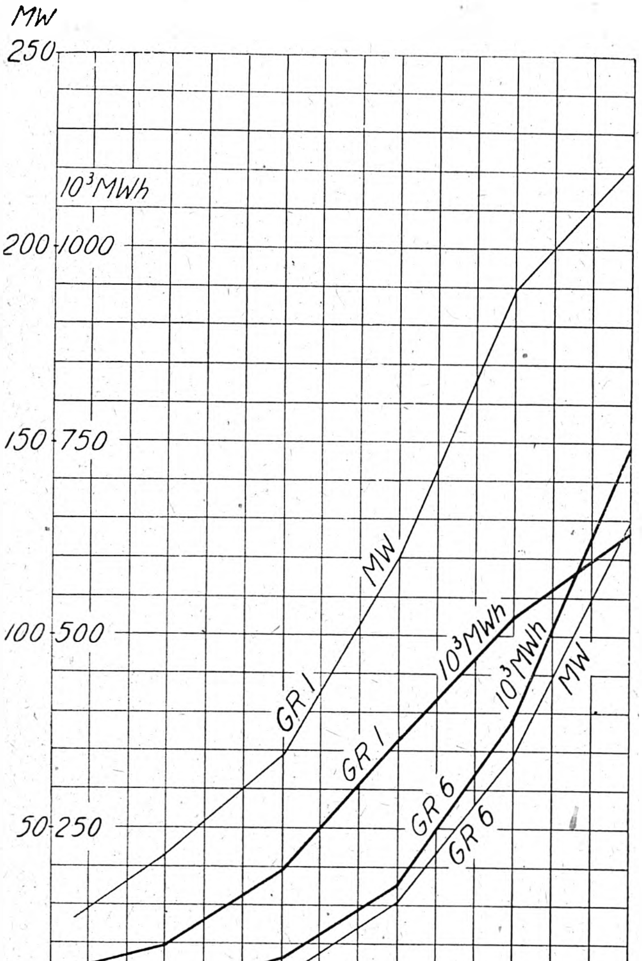
Założono, że liczba zelektryfikowanych gospodarstw jest następująca według podanego procentu do liczby ogólnej 59 000:

1946 — 10% — 5 900	1960 — 55% — 32 400
1950 — 20% — 11 800	1965 — 70% — 41 300
1955 — 40% — 23 600	1970 — 85% — 50 200.

Przytaczamy dane, dotyczące rolnictwa z literatury.

Podług cytowanego wydawnictwa austr. „Ratgeber" na 1 gospodarstwo przypada:

moc zainst. na światło 0,2—0,46 kW
„ „ na siłę 1,8—2,4 kW



Rys. 2 Zapotrzebowanie mocy i energii w Okręgu Energ. Warsz. dla gospodarstwa domowego (GR. 1) i przemysłu (GR 6). Jako moc rozumie się udział w szczycie okręgu.

roczne wyzysk. mocy zainst. na światło 320—450 h
„ „ „ „ na siłę 28—88 h

Na 100 ha zagospodarowanej ziemi przypada:

zużycie roczne 2200—3500 kWh
moc zainst. na siłę 7,5—17 kW.

Podług artykułu J. Czarnowskiego (P. E., 1938, str. 2) na 100 ha zużycie roczne wynosi 1325 kWh (dot. Zemwaru).

Podług Polsk. Komit. Energet. (dane z 1935 r.): przeciętne roczne zużycie 16,5—37,5 kWh/ha
szczyt 73,8 W/ha

zatem śr. roczne wyzyskanie szczytu: $\frac{26}{0{,}074} = 351$ h.

Odbiór energii elektrycznej w grupie 9 nie jest charakterystyczny dla Okręgu Warszawskiego i gra bardzo małą rolę.

Grupa 10. Zużycie własne elektrowni.

Do r. 1950 włącznie jest to zużycie odbudowanych elektrowni w Warszawie (przy Wybrzeżu Kościuszkowskim) oraz w Pruszkowie, obliczone podług stanu faktycznego w 1946 r. (Elektr. I i II).

W 1955 r. będzie już pracowała nowa elektrownia cieplna w Warszawie, prawdopodobnie na Żeraniu (Elektr. III). Stara elektrownia w Warszawie, nim ulegnie zdemontowaniu ok. 1959 r., będzie grać rolę rezerwowej i szczytowej. Zatem w 1955 r. moc w grupie zużycia własnego równa będzie sumie mocy urządzeń w nowej i w starych elektrowniach, a czas wyzyskania będzie zmniejszony.

W 1960 r. wejdą już do ruchu nowe urządzenia, zwiększające moc elektrowni III, i jednocześnie ulegnie zdemontowaniu stara elektrownia warszawska (Elektr. I). W rezultacie moc w grupie 10 oraz czas rocznego wyzyskania wzrośnie.

Ok. 1965 r. będzie uruchomiona Elektr. IV, co wpływa na dalszy wzrost mocy w grupie zużycia własnego elektrowni. Należy przy tym uwzględnić, że elektrownia IV będzie grała rolę szczytowej, zatem jej urządzenia własne będą wyzyskane przez krótki czas w roku, co wpłynie zmniejszająco na ogólny czas wyzyskania mocy w danej grupie.

Zestawienie danych zużycia własnego:

Moc w kW	Spółczynnik udz. w szczycie	Czas roczn. wyzysk. mocy (h)
1946 — 2000	1,0	7200
1950 — 3000		7200
1955 — 5000		5000
1960 — 8000		7000
1965 — 15000		4000
1970 — 20000		4000

III. Wyniki obliczenia zapotrzebowania energii.

Tablica 5 zawiera dla okresu od 1946 do 1970 r. wszystkie dane poboru prądu w poszczególnych grupach oraz sumaryczne.

Szczyt ogólny dla okręgu otrzymano przez zsumowanie dla każdego roku udziałów grup w szczycie ogólnym bez uwzględnienia spółczynnika jednoczesności, który został już uwzględniony przy obliczeniu mocy dla poszczególnych grup. Straty mocy, związane z rozdziałem prądu, oraz straty energii na przesyłanie przyjęto w wysokości 10%.

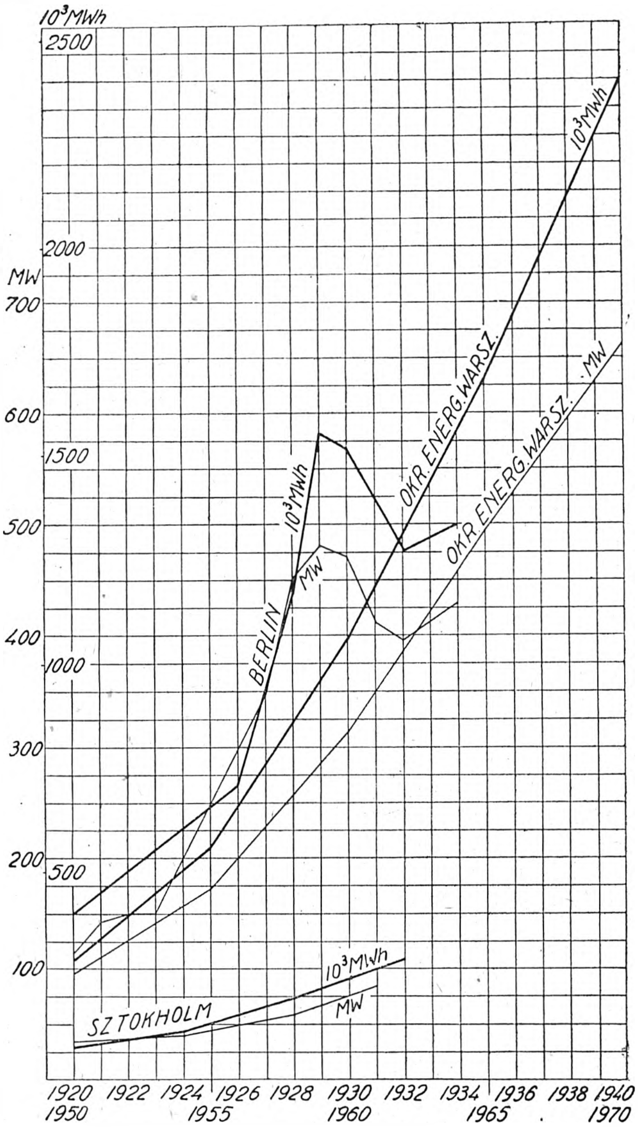
Wyniki są podane również w formie wykresów na rys. 2 dla grupy 1 (oświetlenie i grzejnictwo domowe) i grupy 6 (przemysł) oraz na rys. 3 dla ogólnego zużycia mocy i energii w okręgu. Na rys. 3 dla porównania narzucono również wzrost zużycia prądu dla dwu dużych miast europejskich — Berlina i Sztokholmu w okresie przedwojennym (1920—1934).

Jak widać z wykresów, stosunkowy wzrost spożycia mocy i energii jest największy w pięcioleciach 1950—1955 i 1955—1960. Przed 1950 r. odbudowa mieszkań i przemysłu za małe jeszcze kroki poczyni, by wywołać duży wzrost spożycia energii. Natomiast po 1950 r. na skutek postępującej odbudowy „życie w Warszawie stanie się łatwiejsze i rozpocznie się większy wzrost zużycia na gospodarstwo domowe, odbudowujący się przemysł i trakcję.

Później odegra również rolę i odbije się na zużyciu energii elektrycznej przechodzenie w grzejnictwie domowym z gazowych kuchenek na elektryczne.

Po 1960 r. nastąpi pewne nasycenie na poziomie liczb zużycia przodujących krajów, po czym wzrost będzie miał tendencję malejącą, o ile nie nastąpią większe, a nie dające się przewidzieć zmiany w technice.

Jeżeli rozważymy wykresy (p. rys. 2) obrazujące zużycie w poszczególnych grupach, to zauważymy, że szybkość



Rys. 3. Ogólne zapotrzebowanie mocy i energii w Okr. Energ. Warsz. do wszystkich celów (1950-70) oraz analogiczne dane dla Berlina i Sztokholmu (1920-1934).

wzrostu w gr. ośw. i gospodarstwa domowego po 1960 r. maleje, natomiast w grupie przemysłu utrzymuje się przez cały badany okres. Zrozumiałą jest rzeczą, że do stanu nasycenia energią w grupie przemysłu jesteśmy b. daleko, poza tym zaś odbudowa i budowa przemysłu będzie trwać nieprzerwanie.

Dla porównania przytoczymy statystykę rocznego zużycia energii elektr. w dużych miastach europejskich w latach 1933 lub 1934 (P. E., 1936, str. 9 i nast.):

	kWh/mieszk.	Roczne wyzysk. w stos. do szczytu całości (h)
Paryż	247	3062
Berlin	293	3040
Wiedeń	178	3317
Hamburg	362	3780
Budapeszt	227	3900
Praga	216	3780
Amsterdam	334	3380
Kopenhaga	218	2560
Sztokholm	471	3279
Sztutgart	284	3400
Zurych	730	3820

Przy porównaniu z liczbami dla Okręgu Warsz. należy uwzględnić, że liczby powyższej tablicy dotyczą samych miast tj. bez okręgu podmiejskiego. Poza tym nie wynika z tej tabeli, czy i w jakim stopniu w danych tych jest uwzględniona elektryczna trakcja kolejowa.

Statystyka produkcji energii elektrycznej w Polsce od 1925 r. jest podana w PE, 1947, z. 1, str. 57. Dane dla m. Warszawy podaje tabl. 6.

Tabl. 6. Spożycie energii w m. st. Warszawie.

Rok	Ogółem w mln. kWh	kWh na 1 mieszk.	Wzrost w %
1934	104,7	87	—
1935	115,5	95	9,2
1936	129,2	105	10,5
1937	160,0	130	23,8
1938	217,5	172	32,3
1945	49,0	ok. 122	—
1946	159,3	ok. 306	—

IV. Sposób pokrycia zapotrzebowania Okręgu.

By nadać danym, ujętym w tabl. 5 postać, ułatwiającą wnioski co do sposobu pokrycia zapotrzebowania energii i mocy, należy zaprojektować na podstawie tych danych tzw. r o c z n y u p o r z ą d k o w a n y w y k r e s o b c i ą ż e ń.

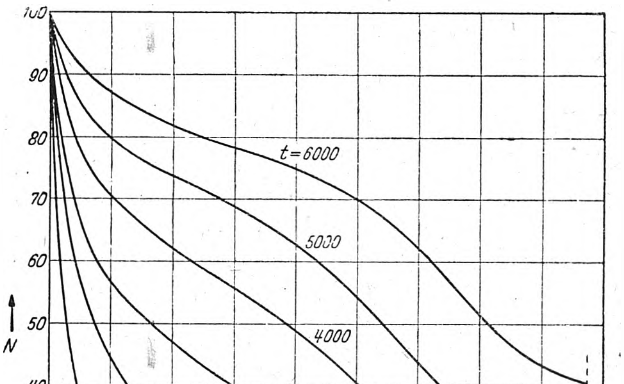
Zatrzymamy się bliżej na roku 1950, dla którego dane są następujące: 94 MW — roczny szczyt obciążenia, 276.10^3 MWh — zapotrzebowanie energii i 2940 h — roczne wyzyskanie szczytu.

Na zasadzie zbadania wykresów obciążeń letnich w Warszawie, Lwowie, Pradze itp. ustalamy, że minimum obciążenia jest równe dla podobnych warunków ok. 13% szczytu i trwa bardzo krótko, stanowiąc jednocześnie podstawę obciążenia przez 8760 h rocznie. Również szczyt obciążenia trwa b. krótko. Natomiast moc o 10% mniejsza od szczytu trwa już rocznie ok. 60 h. Średnia moc roczna wynosi w naszym przypadku

$$\frac{276\,000}{8760} = 31{,}5 \text{ MW}$$

Jeżeli dla uporządkowanego wykresu skala obciążenia wynosi: 1 cm = 5 MW, a skala czasu 1 cm = 500 h, to 1 cm² oznacza 5000 . 500 = 2 500 000 kWh.

Na rys. 4, zaczerpniętym z dzieła L. Musila — Die Gesamtplanung von Dampfkraftwerken, podany jest pęczek uporządkowanych wykresów dla różnego rocznego wyzyskania szczytu i dla warunków obciążenia w dużych mia-



Rys. 4. Uporządkowane wykresy rocznego obciążenia w dużych miastach (L. Musil).

stach. Przy pomocy tych krzywych rysujemy krzywą, której przebieg winien być taki, by pole, zawarte pomiędzy nią a obu osiami, wyobrażało we właściwej skali energię roczną 276.10³ MWh, największa zaś i najmniejsza rzędna krzywej odpowiadały powyżej przytoczonym danym. Krzywa taka dla 1950 r. przedstawiona jest na rys. 5, 6, 7 i 8. Metoda jest przybliżona, jednak nadaje się do zaprojektowania pokrycia obciążenia.

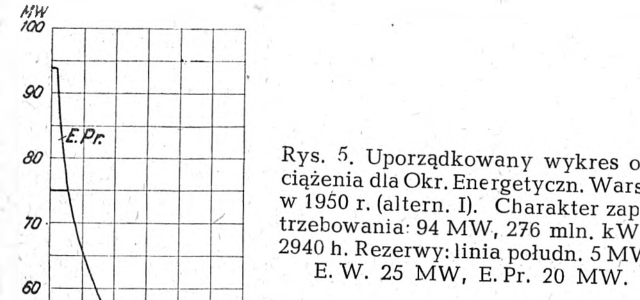
Uwzględnimy następujące źródła pokrycia w różnych latach zapotrzebowania energii elektrycznej Okręgu Warszawskiego:

1. Elektrownia Warszawska (E. W.) na Wybrz. Kościuszkowskim, nazwana Elektrownią I, odbudowana do krańcowej mocy 85 MW, dysponowanej w końcu 1947 r.

2. Elektrownia Pruszkowska (E. Pr.), nazwana Elektrownią II, odbudowana do mocy 39 MW, dysponowanej w 1948 r.

3. Linia południowa*) na 150 kV z Rożnowa przez Starachowice do Warszawy o zdolności przesyłowej: 1 tor — 45 MW, 2 tory — 90 MW. Obecnie (początek 1947 r.) dysponuje się na podstacji w Szamotach (kraniec północny linii rożnowskiej) 1 transformatorem o mocy 12,5 MW. Liczba ta oznacza zatem praktyczną zdolność dostawy linii południowej. W końcu 1947 r. liczyć się należy z uruchomieniem drugiego takiego transformatora i podwojeniem tej mocy. W dalszym ciągu od 1955 r. aż do r. 1964 będziemy linię południową uważać jako źródło mocy 45 MW. Wprawdzie łatwo jest przez dodanie drugiego toru podnieść tę moc do ok. 90 MW, jednak wobec braku w okręgu krakowskim większych i wolnych mocy mało jeszcze prawdopodobne jest uzyskanie z tej linii stałej dostawy większej, niż 40—45 MW, włączając w to dostawę z Rożnowa. Dodanie drugiego toru na linii południowej miałoby zatem za skutek narazie jedynie zwiększenie pewności ruchu. Poczynając natomiast od 1965 r., uważamy linię południową za dostawcę mocy 90 MW dwoma torami. Zagadnienie linii południowej, jej roli w ogólnym układzie energetycznym państwa, jej napięcia (jest np. propozycja przejścia na 110 kV) i zdolności przesyłowej wymaga specjalnego opracowania.

4. Projektowana linia zachodnia na 220 kV Zagłębie—Łódź—Warszawa. Linią tą będzie można przesłać z Zagłębia do Warszawy moc ok. 200 MW dwoma torami. Odpowiednie moce będą do dyspozycji w Zagłębiu Węglowym. Linia obsługiwać będzie również Łódź. Zakłada się, że 1 tor będzie oddany do dyspozycji w 1949 r. z mocą 50 MW, od 1953 r. zaś 100 MW. W 1958 r. byłby oddany do ruchu drugi tor z mocą odrazu 100 MW.



Rys. 5. Uporządkowany wykres obciążenia dla Okr. Energetyczn. Warsz. w 1950 r. (altern. I). Charakter zapotrzebowania: 94 MW, 276 mln. kWh, 2940 h. Rezerwy: linia południ. 5 MW, E. W. 25 MW, E. Pr. 20 MW.

*) W braku ustalonych nazw dla dwu linii najwyższych napięć — rożnowskiej i śląskiej — nazywamy je w niniejszej pracy „południową", i „zachodnią".

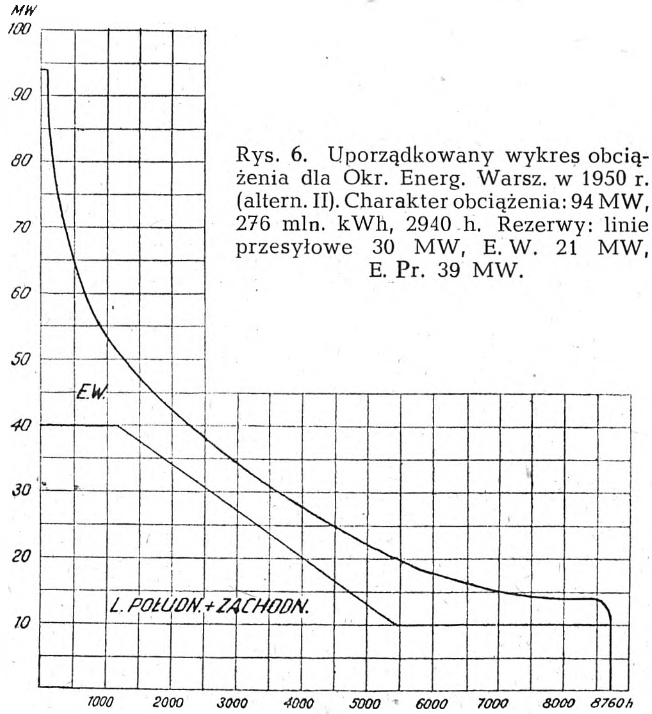
5. Projektowana nowa elektrownia cieplna (III) na Żeraniu z mocą początkową 50 MW i ostateczną 200 MW. Etapy rozbudowy: w 1951 r. do dyspozycji 50 MW, w 1956 r. — 100 MW, w 1960 r. — 200 MW lub wyżej.

6. Projektowana elektrownia cieplna (IV) z mocą ostateczną 300 MW. Etapy rozbudowy: w 1965 r. do dyspozycji 200 MW, w 1970 r. — 300 MW lub wyżej. Elektrownia ta miałaby prawdopodobnie charakter szczytowej.

7. Siły wodne środkowej Wisły o łącznej mocy 90 MW.

Energetyka Okręgu Warszawskiego w 1950 r.

Rozważymy 4 alternatywy pokrycia zapotrzebowania, oczekiwanego w 1950 r. w Okręgu Warszawskim. W każdej z nich możliwe są różne warianty współpracy źródeł energii



Rys. 6. Uporządkowany wykres obciążenia dla Okr. Energ. Warsz. w 1950 r. (altern. II). Charakter obciążenia: 94 MW, 276 mln. kWh, 2940 h. Rezerwy: linie przesyłowe 30 MW, E. W. 21 MW, E. Pr. 39 MW.

i różne ich role zależne od warunków, które teraz jeszcze trudno jest przewidzieć. Jednak przed realizacją projektów winny być dokonane ściślejsze kalkulacje gospodarcze.

Alternatywa I. Na rys. 5. przedstawiony jest sposób pokrycia obciążenia okręgu w założeniu stanu z końca 1948 r., a mianowicie stanu następującego:

a) E. W. i E. Pr. są odbudowane do mocy 85 wzgl. 39 MW.

b) Linia południowa ma 1 tor i 2 transformatory po 12 500 kVA, zatem jej przelotność wynosi 20 000 kW. W mocy tej Rożnów bierze udział, zależny od lokalnej gospodarki energetycznej tej szyny zbiorczej, którą zasila Rożnów. Sam Rożnów np. (o ile nie są pobudowane inne zakłady współpracujące, jak Czchów) może czasem dawać w pewnych okresach roku tylko 6 MW. Jeżeli linii południowej zlecić pokrycie obciążenia większego, to brakującą moc muszą dostarczyć dla niej inne źródła — wodne lub cieplne.

c) Żadnych nowych inwestycji energetycznych niema.

W tych warunkach pokrycie obciążenia jest, jak widzimy z wykresu, możliwe. Podstawowe obciążenie pokrywa do 15 MW linia południowa. Resztę daje pełna moc Elektrowni Warszawskiej i Elektrowni Pruszkowskiej. Ilości energii, przypadające na każdy zakład, wynikają z rys. 5. Dla uproszczenia linia, oddzielająca pola wykresu, które oznaczają pracę poszczególnych źródeł energii, jest linią łamaną, co w przybliżeniu oddaje sposób pracy każdego źródła.

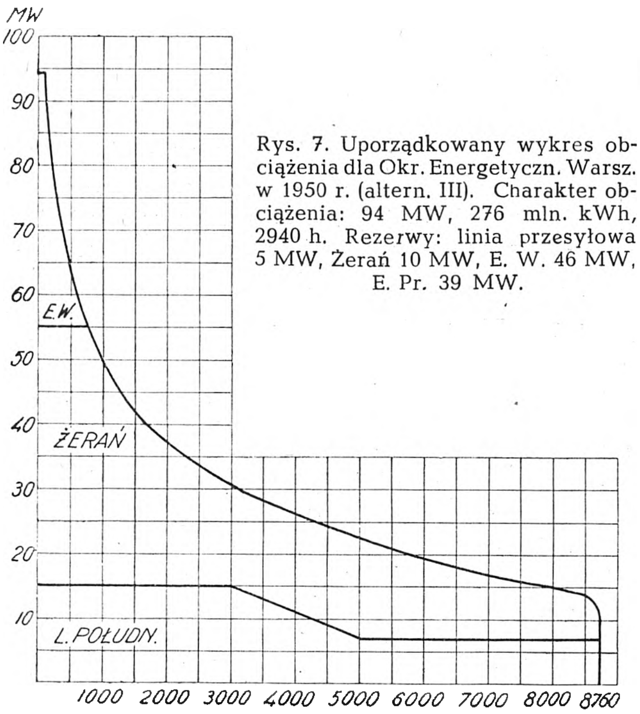
Ruch zespołowy, prowadzony zgodnie z wykresem na rys. 5, jest b. niedoskonały, ponieważ urządzenia odbudowanych elektrowni w Warszawie i w Pruszkowie są niepewne i często muszą być wycofywane z ruchu. Jest to wynikiem ciężkich uszkodzeń wojennych. W tych warunkach teoretyczne rezerwy (w E. W. 25 MW, w E. Pr. 20 MW, na linii przesyłowej 5 MW) są niewystarczające, zwłaszcza

jeżeli uwzględnimy, że linia południowa niema rezerwy i może wypaść z ruchu. Oczywiście, okręg stołeczny winien mieć w piątym roku po zakończeniu wojny bardziej pewny układ energetyczny.

Alternatywa II (rys. 6). Oprócz stanu j. w. z 1948 r. jest jeszcze do dyspozycji linia zachodnia o 1 torze i o przelotności 100 MW, lecz o zdolności dostawy do 50 MW ze względu na moc, którą można dysponować na Śląsku.

Pokrycie obciążenia, jak widać z wykresu, jest następujące. Podstawowe obciążenie do 40 MW pokrywa linia południowa łącznie z linią zachodnią. Środek i szczyt obciążenia pokrywa Elektrownia Warszawska. W rezerwie są: Elektr. Warsz. (21 MW), Elektr. Pruszk. (39 MW), linie przesyłowe (30 MW). Rezerwa jest lepsza niż w altern. I. i może być uznana za wystarczającą.

Alternatywa III (rys. 7). Oprócz stanu z 1948 r. mamy jeszcze do dyspozycji Elektrownię na Żeraniu z 1



Rys. 7. Uporządkowany wykres obciążenia dla Okr. Energetyczn. Warsz. w 1950 r. (altern. III). Charakter obciążenia: 94 MW, 276 mln. kWh, 2940 h. Rezerwy: linia przesyłowa 5 MW, Żerań 10 MW, E. W. 46 MW, E. Pr. 39 MW.

zespołem o mocy 50 MW. Jak widać z wykresu, podstawowe obciążenie do 15 MW pokrywa linia południowa. Środkowe obciążenie pokrywa Żerań, pracujący z mocą 40 MW. Resztę pokrywa Elektrownia Warszawska mocą 39 MW. W rezerwie są: linia przesyłowa 5 MW, Elektrownia Warszawska 46 MW, Elektrownia Pruszkowska 39 MW, Żerań 10 MW. Rezerwa jest wystarczająca.

Alternatywa IV (rys. 8). Oprócz stanu z 1948 r. mamy jeszcze do dyspozycji: a) elektrownię na Żeraniu z 1 zespołem o mocy 50 MW i b) linię zachodnią o przelotności 100 MW, lecz jak w altern. II o zdolności dostawy 50 MW. W tym wypadku mamy w Warszawie szereg źródeł energii i możność rozmaitego pokrycia wykresu zapotrzebowania. Wytyczne pracy byłyby następujące: a) utrzymanie jednoczesne w ruchu obu linii dalekonośnych i rozłożenie pomiędzy niemi obciążenia podług zasady najkorzystniejszej pracy całości energetyki, b) utrzymanie jednocześnie z liniami również stale w ruchu elektrowni w Warszawie, np. Żerania.

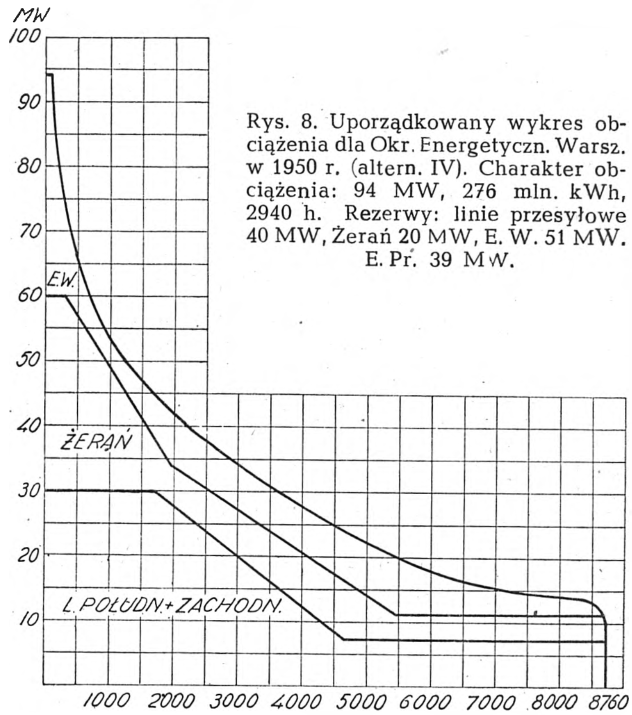
Na wykresie (rys. 8) wskazany jest podług altern. IV dla Okręgu Warszawskiego jeden ze sposobów współpracy energetycznej w 1950 r. Jak widać, zarówno Żerań, jak i Elektrownia Warszawska pokrywają oprócz środka i szczytu jeszcze drobne obciążenie podstawowe, ponieważ nie są odłączane w okresach spadku obciążenia. To samo dotyczy również wykresów alternatyw II i III.

W alternatywie IV mamy obfitą rezerwę: Elektrownia Warsz. (51 MW), Elektr. Pruszk. (39 MW), Żerań (20 MW), linie przesyłowe (40 MW).

Z rozważań czterech alternatyw pokrycia obciążenia na 1950 r. i mając na widoku należyte zabezpieczenie dostawy prądu dla Stołecznego Okręgu, wyciągamy następujące wnioski:

1. Konieczne jest doprowadzenie w najbliższym czasie (do r. 1948) odbudowy elektrowni do następujących mocy: Elektr. Warsz. 85 MW, Elektr. Pruszk. 39 MW.

2. Konieczna jest w najbliższym okresie budowa drugiej linii zasilającej stolicę — ze Śląska przez Łódź. Linia ta



Rys. 8. Uporządkowany wykres obciążenia dla Okr. Energetyczn. Warsz. w 1950 r. (altern. IV). Charakter obciążenia: 94 MW, 276 mln. kWh, 2940 h. Rezerwy: linie przesyłowe 40 MW, Żerań 20 MW, E. W. 51 MW. E. Pr. 39 MW.

nazwana „zachodnią", przewidziana jest we wszystkich bez wyjątku projektach polskich sieci najwyższych napięć i celowość jej była niejednokrotnie naświetlana. Poza tym zamknęłaby ona kontur sieci najwyższego napięcia, podnosząc pewność działania każdego z odcinków. Zdolność przesyłowa linii tej winnaby być ok. 100 MW na 1 tor.

3. Konieczna jest budowa w najbliższym okresie nowej siłowni cieplnej w Warszawie, nazwanej w niniejszym opracowaniu Żeraniem, o mocy w pierwszym etapie budowy 50 MW.

Z rozważania wykresów i alternatyw II i III dla energetyki r. 1950 mogłoby się wydawać, że wystarczy mieć w 1950 r. oprócz stanu z r. 1948 jedno z dwojga: linię zachodnią z mocą dostawy ok. 50 MW, lub też wytwórnię na Żeraniu z mocą 50 MW.

Rozwiązania takie są doraźnie wystarczające, nie może być jednak żadne z nich oddzielnie przyjęte na dłuższy okres nawet z warunkiem zwiększenia mocy dostawy linii zachodniej lub mocy nowej siłowni, a to dla następujących przyczyn:

Sama linia zachodnia (bez Żerania) podług alternatywy II zapewnia wprawdzie pokrycie mocy z wystarczającą co do mocy rezerwą. Jest to jednak pokrycie niepełnowartościowe, ponieważ linie napowietrzne stosunkowo łatwo podlegają wypadnięciu z ruchu, wymagają okresowych wyłączeń itp. Podług statystyki niem. (Rüdenberg) na 100 km sieci wysokich napięć przypada rocznie od 0,5 do 5 zakłóceń, połączonych z wyłączeniami. Podług danych z polskich sieci oraz podług danych amerykańskich liczba ta jest nieraz kilkakrotnie większa. Liczba ta nie obejmuje zgóry zamierzonych wyłączeń w związku z eksploatacją linii.

Poza tym, istniejąca Elektrownia Warszawska jest przestarzała, niewłaściwie usytuowana, niemożliwa do rozbudowy, stąd zasadniczo budowa nowej elektrowni w Warszawie jest uznaną koniecznością. Przed 1939 r. decyzje w tej sprawie zapadły i odpowiednie prace wstępne były rozpoczęte.

Sam Żerań (bez linii zachodniej) zapewniłby w 1950 r. podług alt. III pokrycie mocy z wystarczającą rezerwą. Należy jednak uwzględnić, że termin ukończenia budowy,

stach. Przy pomocy tych krzywych rysujemy krzywą, której przebieg winien być taki, by pole, zawarte pomiędzy nią a obu osiami, wyobrażało we właściwej skali energię roczną 276.10^3 MWh, największa zaś i najmniejsza rzędna krzywej odpowiadały powyżej przytoczonym danym. Krzywa taka dla 1950 r. przedstawiona jest na rys. 5, 6, 7 i 8. Metoda jest przybliżona, jednak nadaje się do zaprojektowania pokrycia obciążenia.

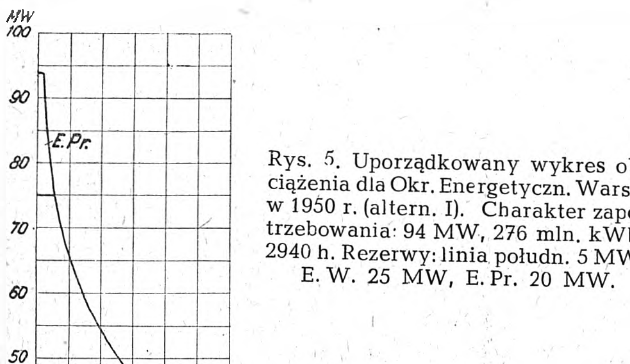
Uwzględnimy następujące źródła pokrycia w różnych latach zapotrzebowania energii elektrycznej Okręgu Warszawskiego:

1. Elektrownia Warszawska (E. W.) na Wybrz. Kościuszkowskim, nazwana Elektrownią I, odbudowana do krańcowej mocy 85 MW, dysponowanej w końcu 1947 r.

2. Elektrownia Pruszkowska (E. Pr.), nazwana Elektrownią II, odbudowana do mocy 39 MW, dysponowanej w 1948 r.

3. Linia południowa*) na 150 kV z Rożnowa przez Starachowice do Warszawy o zdolności przesyłowej: 1 tor — 45 MW, 2 tory — 90 MW. Obecnie (początek 1947 r.) dysponuje się na podstacji w Szamotach (kraniec północny linii rożnowskiej) 1 transformatorem o mocy 12,5 MW. Liczba ta oznacza zatem praktyczną zdolność dostawy linii południowej. W końcu 1947 r. liczyć się należy z uruchomieniem drugiego takiego transformatora i podwojeniem tej mocy. W dalszym ciągu od 1955 r. aż do r. 1964 będziemy linię południową uważać jako źródło mocy 45 MW. Wprawdzie łatwo jest przez dodanie drugiego toru podnieść tę moc do ok. 90 MW, jednak wobec braku w okręgu krakowskim większych i wolnych mocy mało jeszcze prawdopodobne jest uzyskanie z tej linii stałej dostawy większej, niż 40—45 MW, włączając w to dostawę z Rożnowa. Dodanie drugiego toru na linii południowej miałoby zatem za skutek narazie jedynie zwiększenie pewności ruchu. Poczynając natomiast od 1965 r., uważamy linię południową za dostawcę mocy 90 MW dwoma torami. Zagadnienie linii południowej, jej roli w ogólnym układzie energetycznym państwa, jej napięcia (jest np. propozycja przejścia na 110 kV) i zdolności przesyłowej wymaga specjalnego opracowania.

4. Projektowana linia zachodnia na 220 kV Zagłębie—Łódź—Warszawa. Linią tą będzie można przesłać z Zagłębia do Warszawy moc ok. 200 MW dwoma torami. Odpowiednie moce będą do dyspozycji w Zagłębiu Węglowym. Linia obsługiwać będzie również Łódź. Zakłada się, że 1 tor będzie oddany do dyspozycji w 1949 r. z mocą 50 MW, od 1953 r. zaś 100 MW. W 1958 r. byłby oddany do ruchu drugi tor z mocą odrazu 100 MW.



Rys. 5. Uporządkowany wykres obciążenia dla Okr. Energetyczn. Warsz. w 1950 r. (altern. I). Charakter zapotrzebowania: 94 MW, 276 mln. kWh, 2940 h. Rezerwy: linia połudn. 5 MW, E. W. 25 MW, E. Pr. 20 MW.

*) W braku ustalonych nazw dla dwu linii najwyższych napięć — rożnowskiej i śląskiej — nazywamy je w niniejszej pracy „południową", i „zachodnią".

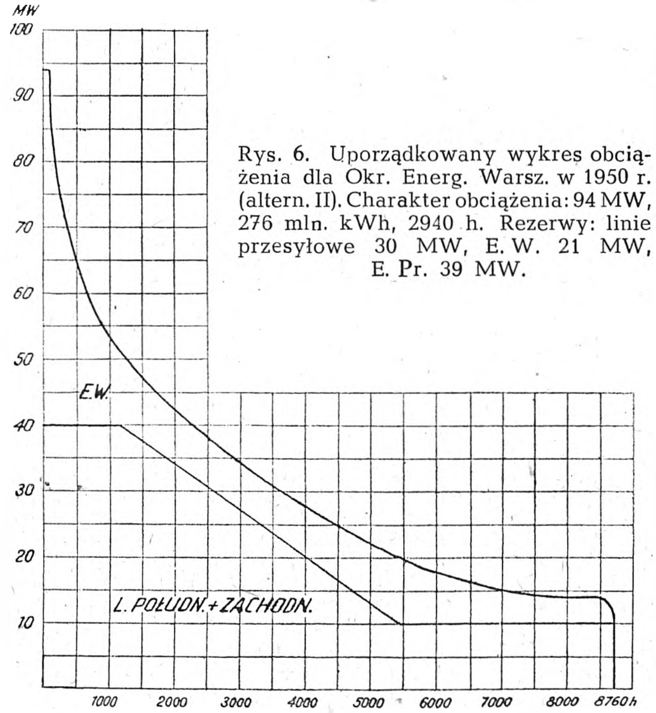
5. Projektowana nowa elektrownia cieplna (III) na Żeraniu z mocą początkową 50 MW i ostateczną 200 MW. Etapy rozbudowy: w 1951 r. do dyspozycji 50 MW, w 1956 r. — 100 MW, w 1960 r. — 200 MW lub wyżej.

6. Projektowana elektrownia cieplna (IV) z mocą ostateczną 300 MW. Etapy rozbudowy: w 1965 r. do dyspozycji 200 MW, w 1970 r. — 300 MW lub wyżej. Elektrownia ta miałaby prawdopodobnie charakter szczytowej.

7. Siły wodne środkowej Wisły o łącznej mocy 90 MW.

Energetyka Okręgu Warszawskiego w 1950 r.

Rozważymy 4 alternatywy pokrycia zapotrzebowania, oczekiwanego w 1950 r. w Okręgu Warszawskim. W każdej z nich możliwe są różne warianty współpracy źródeł energii



Rys. 6. Uporządkowany wykres obciążenia dla Okr. Energ. Warsz. w 1950 r. (altern. II). Charakter obciążenia: 94 MW, 276 mln. kWh, 2940 h. Rezerwy: linie przesyłowe 30 MW, E. W. 21 MW, E. Pr. 39 MW.

i różne ich role zależne od warunków, które teraz jeszcze trudno jest przewidzieć. Jednak przed realizacją projektów winny być dokonane ściślejsze kalkulacje gospodarcze.

Alternatywa I. Na rys. 5. przedstawiony jest sposób pokrycia obciążenia okręgu w założeniu stanu z końca 1948 r., a mianowicie stanu następującego:

a) E. W. i E. Pr. są odbudowane do mocy 85 wzgl. 39 MW.

b) Linia południowa ma 1 tor i 2 transformatory po 12 500 kVA, zatem jej przelotność wynosi 20 000 kW. W mocy tej Rożnów bierze udział, zależny od lokalnej gospodarki energetycznej tej szyny zbiorczej, którą zasila Rożnów. Sam Rożnów np. (o ile nie są pobudowane inne zakłady współpracujące, jak Czchów) może czasem dawać w pewnych okresach roku tylko 6 MW. Jeżeli linii południowej zlecić pokrycie obciążenia większego, to brakującą moc muszą dostarczyć dla niej inne źródła — wodne lub cieplne.

c) Żadnych nowych inwestycji energetycznych niema.

W tych warunkach pokrycie obciążenia jest, jak widzimy z wykresu, możliwe. Podstawowe obciążenie pokrywa do 15 MW linia południowa. Resztę daje pełna moc Elektrowni Warszawskiej i Elektrowni Pruszkowskiej. Ilości energii, przypadające na każdy zakład, wynikają z rys. 5. Dla uproszczenia linia, oddzielająca pola wykresu, które oznaczają pracę poszczególnych źródeł energii, jest linią łamaną, co w przybliżeniu oddaje sposób pracy każdego źródła.

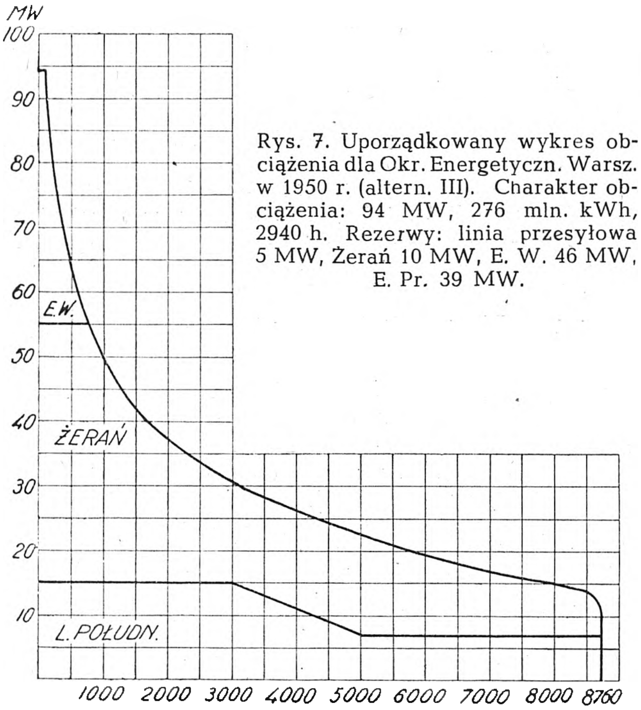
Ruch zespołowy, prowadzony zgodnie z wykresem na rys. 5, jest b. niedoskonały, ponieważ urządzenia odbudowanych elektrowni w Warszawie i w Pruszkowie są niepewne i często muszą być wycofywane z ruchu. Jest to wynikiem ciężkich uszkodzeń wojennych. W tych warunkach teoretyczne rezerwy (w E. W. 25 MW, w E. Pr. 20 MW, na linii przesyłowej 5 MW) są niewystarczające, zwłaszcza

jeżeli uwzględnimy, że linia południowa nie ma rezerwy i może wypaść z ruchu. Oczywiście, okręg stołeczny winien mieć w piątym roku po zakończeniu wojny bardziej pewny układ energetyczny.

Alternatywa II (rys. 6). Oprócz stanu j. w. z 1948 r. jest jeszcze do dyspozycji linia zachodnia o 1 torze i o przelotności 100 MW, lecz o zdolności dostawy do 50 MW ze względu na moc, którą można dysponować na Śląsku.

Pokrycie obciążenia, jak widać z wykresu, jest następujące. Podstawowe obciążenie do 40 MW pokrywa linia południowa łącznie z linią zachodnią. Środek i szczyt obciążenia pokrywa Elektrownia Warszawska. W rezerwie są: Elektr. Warsz. (21 MW), Elektr. Pruszk. (39 MW), linie przesyłowe (30 MW). Rezerwa jest lepsza niż w altern. I. i może być uznana za wystarczającą.

Alternatywa III (rys. 7). Oprócz stanu z 1948 r. mamy jeszcze do dyspozycji Elektrownię na Żeraniu z 1



Rys. 7. Uporządkowany wykres obciążenia dla Okr. Energetyczn. Warsz. w 1950 r. (altern. III). Charakter obciążenia: 94 MW, 276 mln. kWh, 2940 h. Rezerwy: linia przesyłowa 5 MW, Żerań 10 MW, E. W. 46 MW, E. Pr. 39 MW.

zespołem o mocy 50 MW. Jak widać z wykresu, podstawowe obciążenie do 15 MW pokrywa linia południowa. Środkowe obciążenie pokrywa Żerań, pracujący z mocą 40 MW. Resztę pokrywa Elektrownia Warszawska mocą 39 MW. W rezerwie są: linia przesyłowa 5 MW, Elektrownia Warszawska 46 MW, Elektrownia Pruszkowska 39 MW, Żerań 10 MW. Rezerwa jest wystarczająca.

Alternatywa IV (rys. 8). Oprócz stanu z 1948 r. mamy jeszcze do dyspozycji: a) elektrownię na Żeraniu z 1 zespołem o mocy 50 MW i b) linię zachodnią o przelotności 100 MW, lecz jak w altern. II o zdolności dostawy 50 MW. W tym wypadku mamy w Warszawie szereg źródeł energii i możność rozmaitego pokrycia wykresu zapotrzebowania. Wytyczne pracy byłyby następujące: a) utrzymanie jednoczesne w ruchu obu linii dalekonośnych i rozłożenie pomiędzy niemi obciążenia podług zasady najkorzystniejszej pracy całości energetyki, b) utrzymanie jednocześnie z liniami również stale w ruchu elektrowni w Warszawie, np. Żerania.

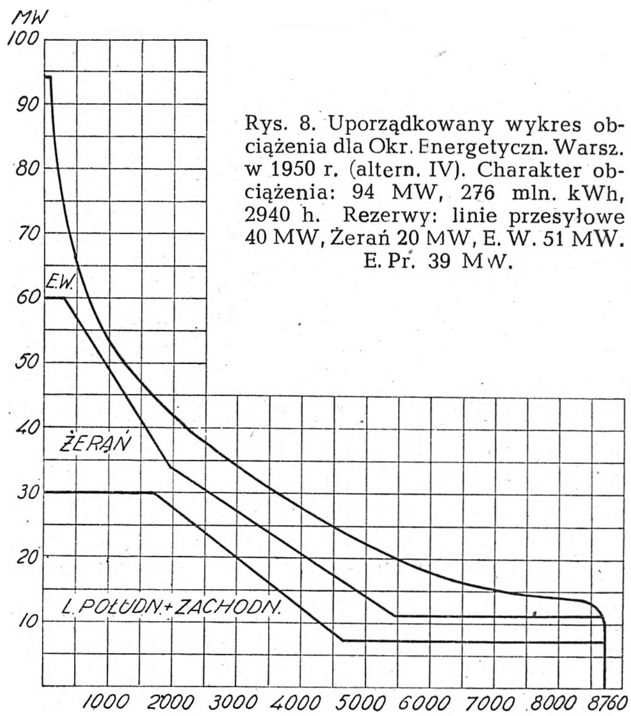
Na wykresie (rys. 8) wskazany jest podług altern. IV dla Okręgu Warszawskiego jeden ze sposobów współpracy energetycznej w 1950 r. Jak widać, zarówno Żerań, jak i Elektrownia Warszawska pokrywają oprócz środka i szczytu jeszcze drobne obciążenie podstawowe, ponieważ nie są odłączane w okresach spadku obciążenia. To samo dotyczy również wykresów alternatyw II i III.

W alternatywie IV mamy obfitą rezerwę: Elektrownia Warsz. (51 MW), Elektr. Pruszk. (39 MW), Żerań (20 MW), linie przesyłowe (40 MW).

Z rozważań czterech alternatyw pokrycia obciążenia na 1950 r. i mając na widoku należyte zabezpieczenie dostawy prądu dla Stołecznego Okręgu, wyciągamy następujące wnioski:

1. Konieczne jest doprowadzenie w najbliższym czasie (do r. 1948) odbudowy elektrowni do następujących mocy: Elektr. Warsz. 85 MW, Elektr. Pruszk. 39 MW.

2. Konieczna jest w najbliższym okresie budowa drugiej linii zasilającej stolicę — ze Śląska przez Łódź. Linia ta



Rys. 8. Uporządkowany wykres obciążenia dla Okr. Energetyczn. Warsz. w 1950 r. (altern. IV). Charakter obciążenia: 94 MW, 276 mln. kWh, 2940 h. Rezerwy: linie przesyłowe 40 MW, Żerań 20 MW, E. W. 51 MW. E. Pr. 39 MW.

nazwana „zachodnią", przewidziana jest we wszystkich bez wyjątku projektach polskich sieci najwyższych napięć i celowość jej była niejednokrotnie naświetlana. Poza tym zamknęłaby ona kontur sieci najwyższego napięcia, podnosząc pewność działania każdego z odcinków. Zdolność przesyłowa linii tej winnaby być ok. 100 MW na 1 tor.

3. Konieczna jest budowa w najbliższym okresie nowej siłowni cieplnej w Warszawie, nazwanej w niniejszym opracowaniu Żeraniem, o mocy w pierwszym etapie budowy 50 MW.

Z rozważania wykresów i alternatyw II i III dla energetyki r. 1950 mogłoby się wydawać, że wystarczy mieć w 1950 r. oprócz stanu z r. 1948 jedno z dwojga: linię zachodnią z mocą dostawy ok. 50 MW, lub też wytwórnię na Żeraniu z mocą 50 MW.

Rozwiązania takie są doraźnie wystarczające, nie może być jednak żadne z nich oddzielnie przyjęte na dłuższy okres nawet z warunkiem zwiększenia mocy dostawy linii zachodniej lub mocy nowej siłowni, a to dla następujących przyczyn:

Sama linia zachodnia (bez Żerania) podług alternatywy II zapewnia wprawdzie pokrycie mocy z wystarczającą co do mocy rezerwą. Jest to jednak pokrycie niepełnowartościowe, ponieważ linie napowietrzne stosunkowo łatwo podlegają wypadnięciu z ruchu, wymagają okresowych wyłączeń, itp. Podług statystyki niem. (Rüdenberg) na 100 km sieci wysokich napięć przypada rocznie od 0,5 do 5 zakłóceń, połączonych z wyłączeniami. Podług danych z polskich sieci oraz podług danych amerykańskich liczba ta jest nieraz kilkakrotnie większa. Liczba ta nie obejmuje zgóry zamierzonych wyłączeń w związku z eksploatacją linii.

Poza tym, istniejąca Elektrownia Warszawska jest przestarzała, niewłaściwie usytuowana, niemożliwa do rozbudowy, stąd zasadniczo budowa nowej elektrowni w Warszawie jest uznaną koniecznością. Przed 1939 r. decyzje w tej sprawie zapadły i odpowiednie prace wstępne były rozpoczęte.

Sam Żerań (bez linii zachodniej) zapewniłby w 1950 r. podług alt. III pokrycie mocy z wystarczającą rezerwą. Należy jednak uwzględnić, że termin ukończenia budowy,

dostawy urządzeń itp. może się w obecnych warunkach powojennych opóźnić. Tego rodzaju ryzyko braku energii elektrycznej w stolicy jest nie do przyjęcia.

Zagadnienie zostało wszechstronnie zbadane i zatrzymano się na koncepcji budowy wpierw linii Zagłębie—Łódź—Warszawa, później dopiero nowej wytwórni na Żeraniu. Za obraniem rozwiązania podług alternatywy II, połączonego z budową linii zachodniej, przemawiają następujące okoliczności: 1) linia da się prędzej wybudować niż nowa siłownia w Warszawie, 2) linia jest bardziej pożądana z punktu widzenia ogólno-krajowej energetyki; grają tu rolę takie względy, jak jednoczesne rozwiązanie zagadnienia głodu mocy dla Łodzi, polepszenie zespolonej gospodarki na Śląsku, wzrost pewności ruchu polskich linii najwyższych napięć, które przyjmą kształt zamkniętego obwodu.

Z punktu widzenia czysto gospodarczego tj. ceny prądu oba rozwiązania dla Warszawy — prąd z nowej lokalnej wytwórni lub importowany — są mniej więcej równowarte, jak wykazała specjalna analiza. Na skutek motywów, które zostały tutaj pobieżnie streszczone, kompetentne czynniki przyjęły jako doraźne rozwiązanie zagadnienia mocy dla Okręgu Warszawskiego w pierwszej kolejności — budowę linii Zagłębie—Łódź—Warszawa.

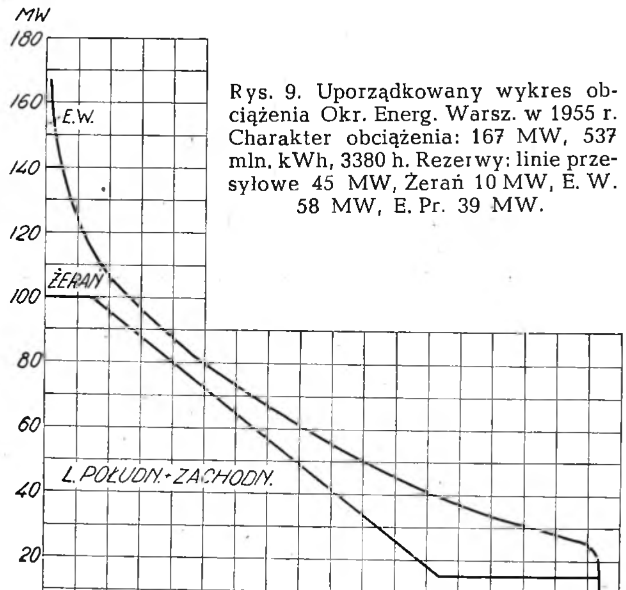
Niezależnie od budowy linii zachodniej winny być prowadzone studia dotyczące nowej siłowni cieplnej w Warszawie, a budowa jej rozpoczęta w końcu 3-letniego okresu gospodarki, który stoi przed nami. Harmonogram prac inwestycyjnych dla Okręgu Warszawskiego (rys. 13) ułożony jest podług powyższych założeń.

Energetyka Okręgu Warszawskiego w dalszych latach aż do 1970 r.

Głównym celem niniejszego opracowania jest ustalenie programu prac elektryfikacyjnych dla Okręgu Warszawskiego na najbliższe 5-lecie. Zostało to dokonane przez szczegółową analizę obciążeń w 1950 r. i przez odpowiednie wnioski. W celu uzupełnienia obrazu rozpatrzmy sposób pokrycia obciążeń w toku dłuższego okresu zresztą mniej dokładnie.

Na zasadzie liczb końcowych dla poszczególnych lat tabl. 5 sporządzono uporządkowane wykresy obciążeń dla lat 1955, 1960, 1965 i 1970.

Rok 1955. Dane poboru prądu z tabl. 5, sposób pokrycia obciążenia i rezerwy są podane na rys. 9 lub w objaśnieniach do niego. Linia zachodnia jest jednotorowa, jej szczyt 60 MW. Żerań ma moc 50 MW.



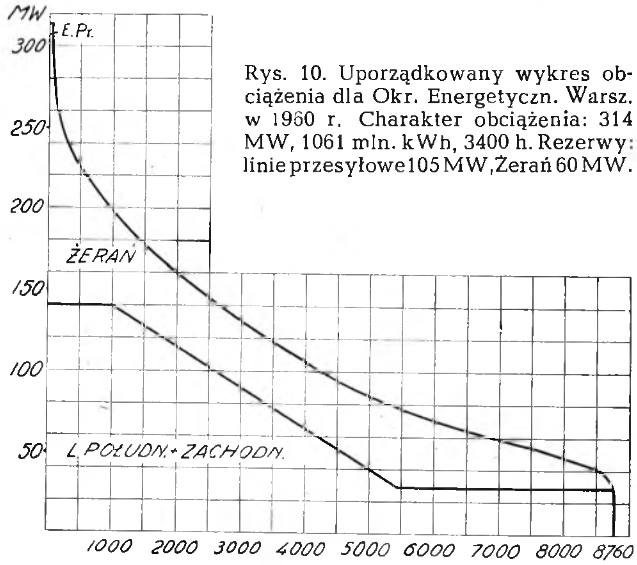
Rys. 9. Uporządkowany wykres obciążenia Okr. Energ. Warsz. w 1955 r. Charakter obciążenia: 167 MW, 537 mln. kWh, 3380 h. Rezerwy: linie przesyłowe 45 MW, Żerań 10 MW, E. W. 58 MW, E. Pr. 39 MW.

Rok 1960. W Warszawie może powstać zagadnienie pobudowania (m. in. dla dzielnicy Mokotów oraz Muranów) jednej lub kilku tzw. ciepłowni tj. elektrowni z turbinami zaczepowymi lub przeciwprężnymi, oddającymi przepracowaną parę do dzielnicowego ogrzewania i dostarczania gorącej wody lub do celów grzejnych w przemyśle.

Budowa tego rodzaju zakładu jest ściśle związana z istnieniem wystarczającej ilości odbiorców ciepła, a więc dzielnicy mieszkalnej z rozbudowanymi instalacjami ogrzewania centralnego w domach i z siecią rurociągów cieplnych ulicznych lub też z istnieniem pobierających ciepło zakładów przemysłowych. Zagadnienie ciepłowni w wielkim mieście jest tematem, nadającym się do specjalnego opracowania. Praca taka została wykonana w ramach Zjednoczenia Energetycznego Okręgu Warszawskiego i Biura Odbudowy Stolicy (BOS). Doprowadziła ona do określenia gęstości zużycia ciepła, przy której instalacja ma uzasadnienie gospodarcze. Jest to gęstość ok. 50.10^6 kcal/h. km², co jest możliwe przy zaludnieniu ok. 250 mieszk. na 1 ha w miejskiej dzielnicy. Zużycie ciepła na produkcję energii elektr. wynosi w procesie przeciwprężnym ok. 1400 kcal/kWh wobec 3500—4000 kcal/kWh w elektrowni kondensacyjnej. Najkorzystniejsza moc do wyzyskania w zespole przeciwprężnym wynosi ok. 30 MW. Jako ośrodek przenoszący ciepło, stosuje się przegrzaną wodę lub parę. Jak widać, budowa ciepłowni jest b. ponętna pod wzgl. energetycznym, jest ona jednak b. kosztowna ze względu na wielki koszt sieci i stosunkowo małe wyzyskanie mocy zainstalowanej wobec przeważnie sezonowego charakteru poboru ciepła.

W niniejszym opracowaniu nie uwzględniamy ciepłowni jako źródła energii elektrycznej ze względu na wymienione powyżej dodatkowe warunki, uzasadniające budowę ciepłowni.

Uporządkowany wykres obciążeń dla r. 1960 zaprojektowany jest na rys. 10, na którym podano bliższe dane



Rys. 10. Uporządkowany wykres obciążenia dla Okr. Energetyczn. Warsz. w 1960 r. Charakter obciążenia: 314 MW, 1061 mln. kWh, 3400 h. Rezerwy: linie przesyłowe 105 MW, Żerań 60 MW.

(pobór energii, sposób pokrycia, rezerwy). Założono, że Żerań ma moc 200 MW, linia południowa 45 MW, a linia zachodnia 200 MW.

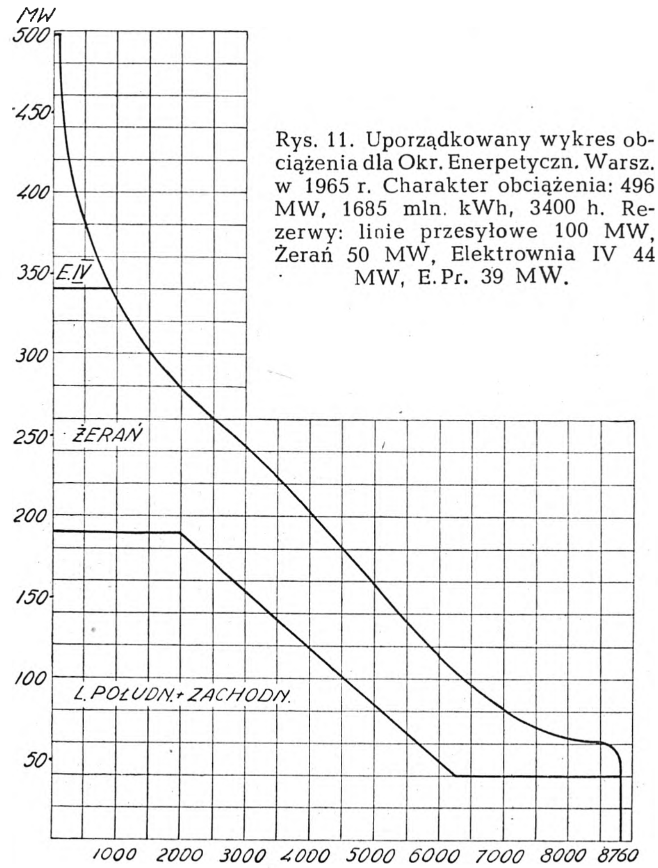
Jak widać, Elektrownia Warsz. już nie figuruje, ponieważ zgodnie z og. planami została ok. 1958 r. zatrzymana i zlikwidowana. Oczywiście, w razie braku mocy można będzie termin likwidacji Elektrowni Warszawskiej przesunąć.

Rok 1965 (rys. 11). Dane są przytoczone przy wykresie. Przewiduje się, że Żerań ma moc 200 MW, Elektrownia IV tyleż, linia południowa 90 MW, linia zachodnia 200 MW (obie dwutorowe).

Rok 1970 (rys. 12). W porównaniu z poprzednim przypadkiem moc Elektrowni IV wzrosła do 300 MW. Elektrownia Pruszkowska jest od 1968 r. zatrzymana i przeszła wyłącznie do rezerwy.

Jak widać, po raz pierwszy w 1970 r. weszły do bilansu mocy siły wodne środkowej Wisły (Bielany, Narew— Wisła i in.). Ponieważ budowa szeregu wodnych zakładów wymaga dłuższego czasu oraz musi być poprzedzona studiami i wstępnymi badaniami, odnośne prace winny być rozpoczęte znacznie wcześniej. Występuje tu jeszcze związek z regulacją względnie kanalizacją rzeki i zagospodarowaniem jej jako arterii transportowej.

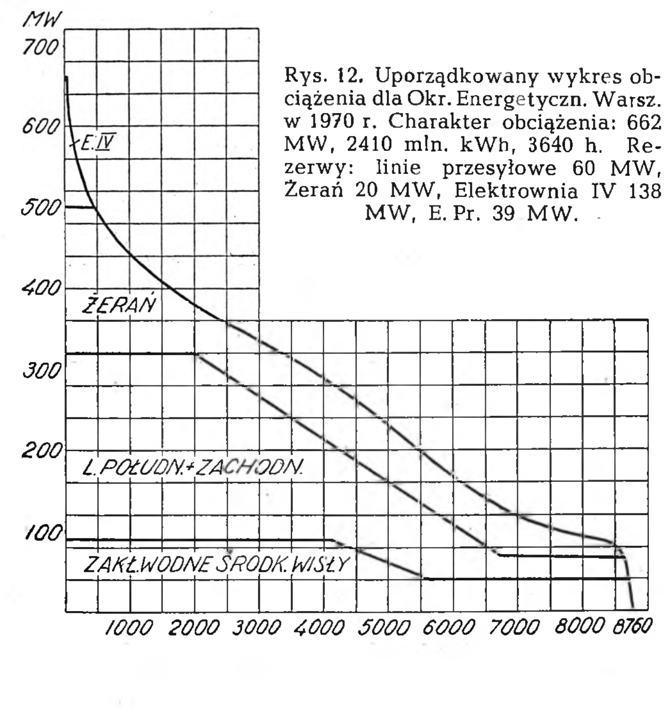
Jeżeli chodzi o charakter sił wodnych środkowej Wisły, to niektóre zakłady, jak np. Bielany, są pomyślane jako przepływowe bez akumulacji wody. Natomiast Pomiechówek koło Modlina może mieć charakter szczytowego o mocy



Rys. 11. Uporządkowany wykres obciążenia dla Okr. Enerpetyczn. Warsz. w 1965 r. Charakter obciążenia: 496 MW, 1685 mln. kWh, 3400 h. Rezerwy: linie przesyłowe 100 MW, Żerań 50 MW, Elektrownia IV 44 MW, E. Pr. 39 MW.

15 MW przy wyzyskaniu 1000 h i całkowitym zużyciu całorocznych wód.

Praktycznie prace wstępne badawcze winny być rozpoczęte bez zwłoki, a raczej kontynuowane, ponieważ były one prowadzone przed 1939 r. w ramach Pol. Kom. Energ. W tabl. 7 przytoczone są główne dane możliwych do wybudowania i uzasadnionych technicznie zakładów wodno-elektrycznych w obrębie środkowej Wisły. Zestawienie to jest zaczerpnięte (z wyjątkiem ostatniej pozycji) z art.



Rys. 12. Uporządkowany wykres obciążenia dla Okr. Energetyczn. Warsz. w 1970 r. Charakter obciążenia: 662 MW, 2410 mln. kWh, 3640 h. Rezerwy: linie przesyłowe 60 MW, Żerań 20 MW, Elektrownia IV 138 MW, E. Pr. 39 MW.

prof. Pomianowskiego i inż. Herbicha (ob. Sprawozdania i Prace Pol. Kom. Energ., 1938, nr. 1). Prace przed 1939 r. nie były prowadzone systematycznie i częściowo zaginęły w czasie wojny i okupacji. W literaturze technicznej spotykamy też na ten temat wzmianki, różniące się pomiędzy

Tabl. 7. Zakłady wodno-elektryczne środkowej Wisły.

Nazwa zakładu	Moc inst. MW	Energia rocz. na 10^3 MWh	Czas wyzyskania h	Zbiornik: pojemność, powierzchn., cofka, spiętrzenie	Koszt zakładowy (mln. zł)	Koszt energii (gr/kWh)
1) Popowo (40 km poniżej Sandomierza na Wiśle)	50	200	4000	450 mln. m³ 12 000 ha 35 km 10 m	60	3,8*)
2) Bielany (pod Warszawą na Wiśle), zakład przepływowy	15	81	5400	— — ok. 13 km 3,44 — 1,4 m	ok. 30	4,34*)
2a) To samo podług specjalnego projektu prof. Pomianowskiego	20	140	7000	— — — 2,75 — 4,1 m		1,5*)
3) Pomiechówek (na Wkrze k. Modlina), zakład szczytowy, wyrówn. roczne	15	15	1000	77 mln. m³ 3 400 ha 38 km 14 m	12	10,8*)
4) Kanał Bug-Wisła. Zbiornik we Włodawie, na kanale 4 siłownie. Dane łączne:	32	130	4000	— 12 000 ha — —	95	4,75**)
5) Kanał Bug - Narew - Niemen. Zbiornik w Łomży, siłownia w Różanach i w Łomży	70	280	4000	980 mln. m³ — — 20 m i 12 m		6,5*)
5) Włocławek-Wisła	100					

sobą. Ze względu na zależność wzajemną zakładów wodnych tego samego okręgu, pogląd na właściwe zagospodarowanie energetyczne rzeki może być ustalony dopiero po opracowaniu szeregu wariantów i wstępnych projektów. Tym bardziej więc rozpoczęcie prac ma charakter pilny.

V. Uwagi ogólne.

Na rys. 13 przedstawiony jest harmonogram inwestycji energetycznych, których potrzebę dla Okręgu Warszawskiego uzasadnia analiza obciążeń i pokrycia, przeprowadzona powyżej dla poszczególnych lat.

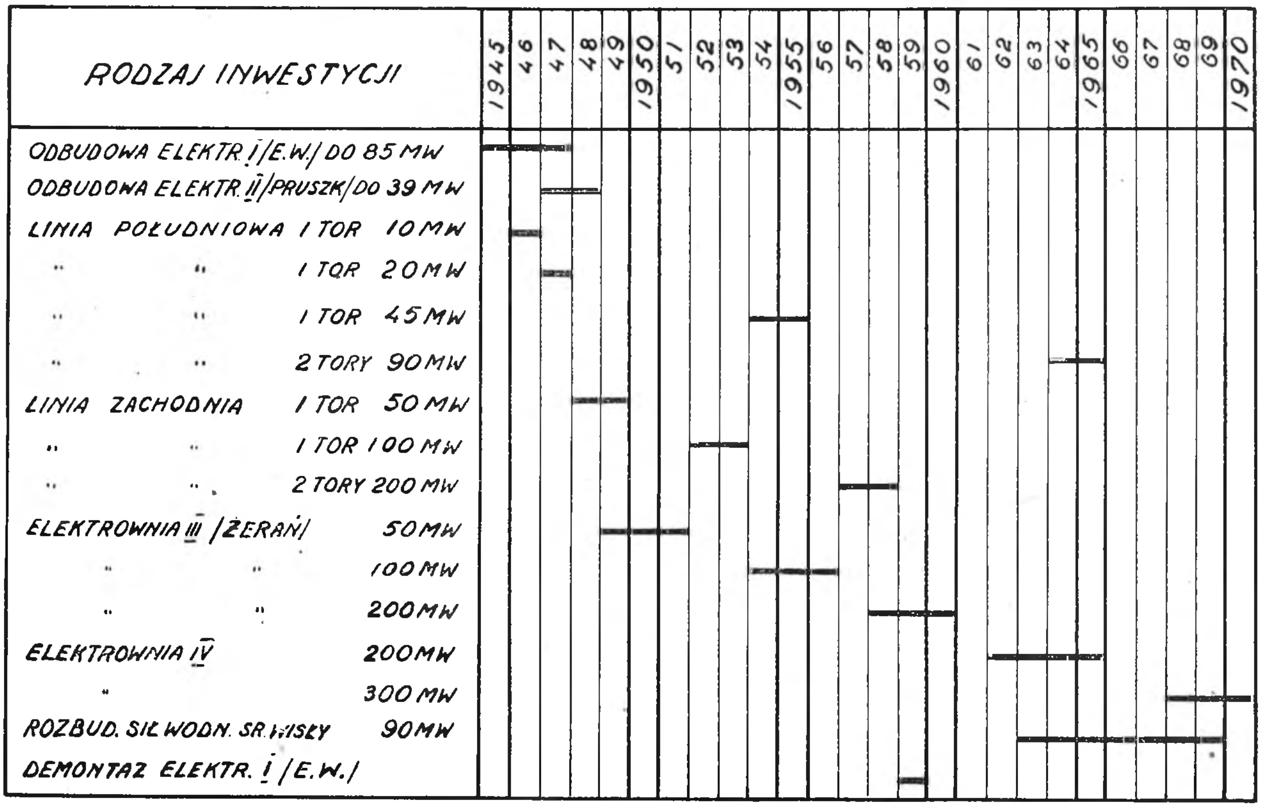
Rozważania dla okresu do 1950 r. mają bardziej sprecyzowany charakter ze względu na to, że jest to łatwiejszy do przewidywania i bliższy okres.

Czynniki ekonomiczne, koszty wytwarzania itp. mogą być dla tego okresu już teraz do pewnego stopnia ujęte. Założenie, że podstawowe obciążenie pokryje linia południowa, opiera się na znajomości warunków produkcji energii w miejscach zasilania linii przesyłowych.

Inaczej się rzecz przedstawia dla dalszych okresów, dla których analiza ma raczej charakter orientacyjny. W obecnym momencie dziejowym powstawania nowych form ustrojowych — zbyt dużo niewiadomych utrudnia nam planowanie. Założeniem jest, że Żerań będzie grał rolę elektrowni, kryjącej środek obciążenia, Elektrownia IV — rolę elektrowni szczytowej.

Rozważając projektowane sposoby pokrycia obciążeń, należy zawsze pamiętać, że są to jedne z możliwych rozwiązań. Kalkulacja gospodarcza, właściwości będących do dyspozycji sił wodnych, warunki transportu paliwa i poli-

*) Przy całkowitym obciążeniu kosztami.
**) Przy obciążeniu kosztami w 50%.



Rys. 13. Harmonogram inwestycji energetycznych w Okr. Energ. Warsz.

tyka paliwowa, momenty związane z ogólno krajową energetyką — są to okoliczności, wpływające na wybór sposobu pokrycia obciążenia okręgu.

Z biegiem czasu i w miarę wyjaśnienia się okoliczności może się okazać, że przewidywania, leżące u podstawy niniejszego opracowania i dotyczące wysokości obciążeń, są niesłuszne. Wówczas może zajść potrzeba przyspieszenia lub opóźnienia odpowiednich inwestycji, wymienionych jako konieczne dla pewnych lat. Studia energetyczne winny być prowadzone stale i bez przerwy, ponieważ żadna inna dziedzina współczesnej techniki nie jest tak blisko związana z ewolucją gospodarczą jak energetyka.

INŻ. JÓZEF MICHEJDA

Zadania i zasady organizacji rozrządu w okręgu paryskim

1. Gospodarka elektryczna zbiorowa.

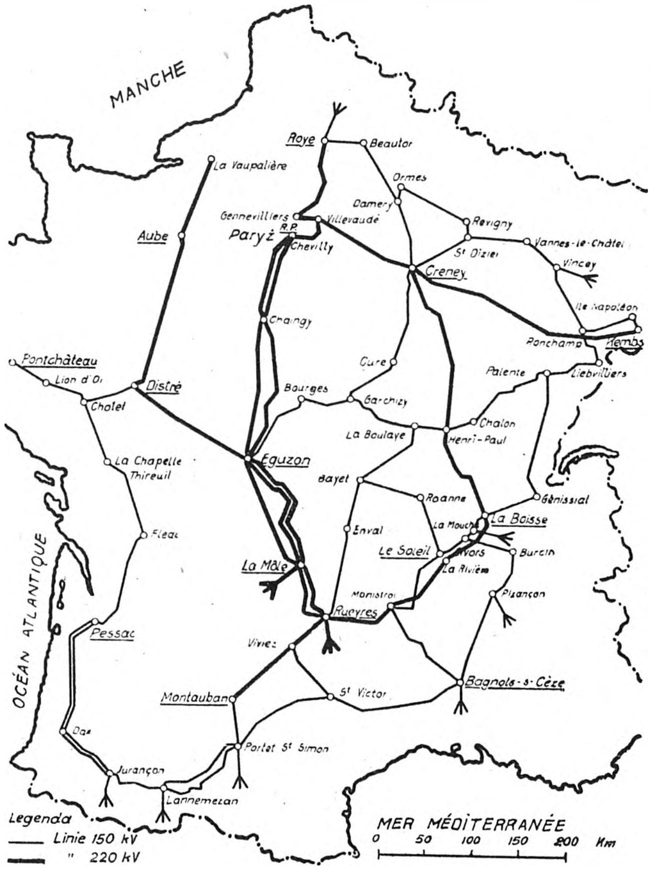
Zorganizowany rozdział obciążeń występuje tam, gdzie pierwotną indywidualną gospodarkę elektryczną zastąpiono gospodarką zespołową. W pierwszym okresie elektryfikacji poszczególne elektrownie okręgowe zasilały swój teren całkowicie niezależnie. Dzięki sprzężeniu ośrodków wytwórczych liniami wysokiego napięcia powstała możliwość ekonomicznego rozdziału obciążeń przez rozłożenie głównego ciężaru produkcji na zakłady pracujące najbardziej ekonomicznie oraz przez wyzyskanie nieraz odległych tanich źródeł energii przy równoczesnym zachowaniu pewności ruchu.

Proces przejścia z gospodarki indywidualnej na gospodarkę zespołową odbywał się w różnych krajach rozmaicie, zależnie od warunków ekonomicznych oraz obowiązującego ustawodawstwa elektrycznego. Ingerencja państwa w gospodarkę elektryczną już przed wojną była wszędzie bardzo poważna, jednakże jej skala była różnorodna. Najdalej posunięta była ta ingerencja w Niemczech, gdzie szereg ustaw dało państwu nieomal dyktatorską władzę w dziedzinie elektryfikacji, a mianowicie w zakresie budowy nowych lub unieruchomienia starych elektrowni, budowy nowych linii, kontroli inwestycji, ustalania cen itp. Również i rozdział obciążeń uregulowany został osobną ustawą, powołującą do życia specjalny organ rozdziału obciążeń zarówno dla terenu całej Rzeszy, jak i poszczególnych prowincji, z dokładnym określeniem kompetencji.

Inną drogą poszła Anglia, gdzie przez długi okres czasu organizacja wytwarzania i przesyłu energii elektrycznej była zaniedbana przede wszystkim z powodów ekonomicznych, ponieważ na terenie całego państwa cena węgla jest jednakowa, a energia wodna prawie nie istnieje. W tych warunkach nie było (dla inicjatywy prywatnej) bodźca do sprzęgania elektrowni i przesyłania energii na dalsze odległości. Ponadto ustawodawstwo angielskie wyraźnie nie sprzyjało racjonalnej gospodarce, gdyż nie zezwalało na fuzję przedsiębiorstw wytwórczych bez zgody parlamentu. Również czynnikiem hamującym było faworyzowanie przez państwo municypalnych przedsiębiorstw elektryfikacyjnych i skupienie przez magistraty lub związki samorządowe ponad połowy istniejących przedsiębiorstw. Przedsiębiorstwa te cechował pewien partykularyzm; rezygnowały one niechętnie ze swej niezależności, a rezygnacja taka jest konieczna przy przejściu do racjonalnej gospodarki zespołowej. Z takich to powodów państwo było zmuszone wziąć inicjatywę w swoje ręce i przystąpić pośrednio do organizacji wytwarzania i przesyłania energii elektrycznej, tworząc znany „grid". Organizacją tą kieruje urząd, pozostający pod kontrolą państwa.

W przeciwieństwie do „gridu" angielskiego sieć francuska najwyższych napięć jest dziełem inicjatywy prywatnej, gdyż we Francji istniały bardzo korzystne podstawy ekonomiczne budowy sprzężeń elektrycznych dzięki istnieniu różnorodnych ośrodków wytwórczych: elektrowni wodnych w Masywie Środkowym, w Pirenejach, w Alpach i na Renie oraz elektrowni cieplnych na północy kraju i w samym Paryżu, który jest równocześnie największym ośrodkiem spożycia energii. Połączenie tych ośrodków liniami dalekosiężnymi o napięciu 220 000 woltów umożliwiło racjonalną gospodarkę energią elektryczną na terenie całego kraju. Sieć głównych

arterii na 220 kV i 150 kV w jej obecnym stadium rozwoju przedstawiona jest na rys. 1. Sieć ta nie była zaplanowana z góry, lecz rozwijała się stopniowo, krystalizując się coraz bardziej w formę sieci ogólnopaństwowej.



Rys. 1. Sieć francuska najwyższych napięć (220 i 150 kV).

Układ 220-kilowoltowy stanowi olbrzymi pierścień, obsługujący główne ośrodki spożycia, w szczególności zaś okręgi Paryża i Lyonu oraz okręgi wschodnie. Gałąź zachodnia tego układu zbiera energię, wyprodukowaną przez elektrownie wodne Masywu Środkowego, doprowadzając ją do Paryża, gałąź zaś wschodnia łączy Masyw Środkowy z elektrowniami wodnymi w Alpach i przebiegając na północ łączy się w okręgu paryskim z gałęzią zachodnią. Z centralnego pierścienia 220-kilowoltowego wybiegają cztery anteny, a mianowicie pierwsza na północ, łącząca okręg paryski z elektrowniami zagłębia węglowego północnej Francji, druga na południe ze stacji Rueyeres do połączenia Masywu Środkowego z elektrowniami wodnymi pirenejskimi, trzecia z Eguzon do zasilania okręgów zachodnich, wreszcie czwarta z Creney do pobrania energii wodnej na Renie w Kembs. Ponadto z poszczególnych stacji 220-kilowoltowych wybiegają arterie o napięciu 150 kV, 120 kV i 90 kV, tworząc między sobą i siecią 220 kV różne pierścienie i sploty. Według danych, przedstawionych na Konferencji Wielkich Sieci w Paryżu w roku 1945, ogólna długość linii najwyższych napięć we Francji była następująca:

sieć	220 kV . . .	4 300 km
„	150 kV . . .	7 000 „
„	120 kV . . .	1 100 „
„	90 kV . . .	3 500 „

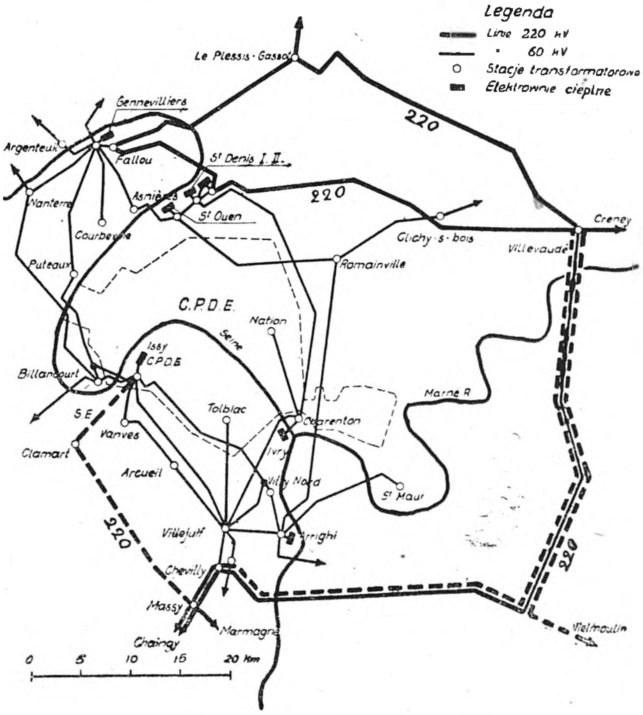
Cyfry te świadczą dostatecznie o faktycznie dokonanym już połączeniu gospodarki energetycznej francuskiej w jedną zorganizowaną całość. Niemniej jednak czynione są we Francji studia nad połączeniem głównych ośrodków energetycznych liniami jeszcze wyższych napięć i nałożenia na istniejącą sieć ogólnokrajową linii o napięciu 400 kV.

2. Paryski węzeł energetyczny*).

Na tle przedstawionego wyżej obrazu gospodarki energetycznej całej Francji zilustrujemy gospodarkę energetyczną najważniejszych części, jaką jest węzeł paryski. W okresie gospodarki indywidualnej Paryż był zaopatrywany w energię elektryczną przez kilka niezależnych towarzystw rozdzielczych i wytwórczych, które stopniowo ulegały coraz większemu procesowi centralizacji.

Do towarzystw rozdzielczych należały przede wszystkim CPDE (C-ie Parisienne de Distribution d'Électricité), posiadająca dwie elektrownie St. Ouen i Issy les Moulineux i zasilająca Paryż właściwy, oraz towarzystwa Nord-Lumière, Ouest-Lumière, Sud-Lumière, Est-Lumière i Nord-Est-Parisienne, zasilające przedmieścia. Do towarzystw ściśle wytwórczych, zasilających jednak sieć trakcji elektrycznej i peryferie miasta, należały UdE (Union d'Électricité) z elektrowniami Arrighi (Vitry Sud) i Gennevilliers oraz SEPS (Société d'Électricité de Paris wraz ze swą filią l'Électricité de la Seine) z elektrowniami St. Denis i Ivry. Do roku 1927 zasilanie Paryża odbywało się niezależnie przez 3 wyżej wymienione główne towarzystwa: CPDE, UdE i SEPS, stanowiące 3 oddzielne komórki produkcyjne i eksploatacyjne. W tym czasie doszło do umowy pomiędzy dwoma głównymi towarzystwami wytwórczymi UdE i SEPS a właściwym towarzystwem rozdzielczym CPDE, które stało przed alternatywą rozbudowy własnych elektrowni lub też zakupu energii elektrycznej z zewnątrz. W wyniku tej umowy CPDE uznała za bardziej ekonomiczne ograniczyć się tylko do czynności rozdzielczych, powierzyć całkowitą hurtową dostawę dwu towarzystwom wytwórczym — UdE i SEPS, zrezygnować z prowadzenia własnych elektrowni (St. Ouen i Issy les Moulineux) i oddać je w gestię i eksploatację spółkom wytwórczym na przeciąg 20 lat. Dzięki takiemu rozwiązaniu sytuacja uprościła się znacznie, gdyż odtąd wytwarzanie energii dla Paryża przejęły dwa towarzystwa wytwórcze, a mianowicie: UdE i SEPS, które przystąpiły niezwłocznie do sprzężenia w jedną całość niezależnych dotąd elementów okręgu paryskiego celem zapewnienia dostawy energii wspólnemu klientowi CPDE.

W roku 1931 została dokonana praca połączenia w jeden wspólny układ o napięciu 60 kV wszystkich elektrowni oraz stacji sieci rozdzielczej. Sieć ta została zbudowana przeważnie z kabli jednożyłowych. Równocześnie przystąpiono do budowy nowoczesnych elektrowni, a mianowicie Arrighi



Rys. 2. Sieci okręgu paryskiego na 220 i 60 kV.

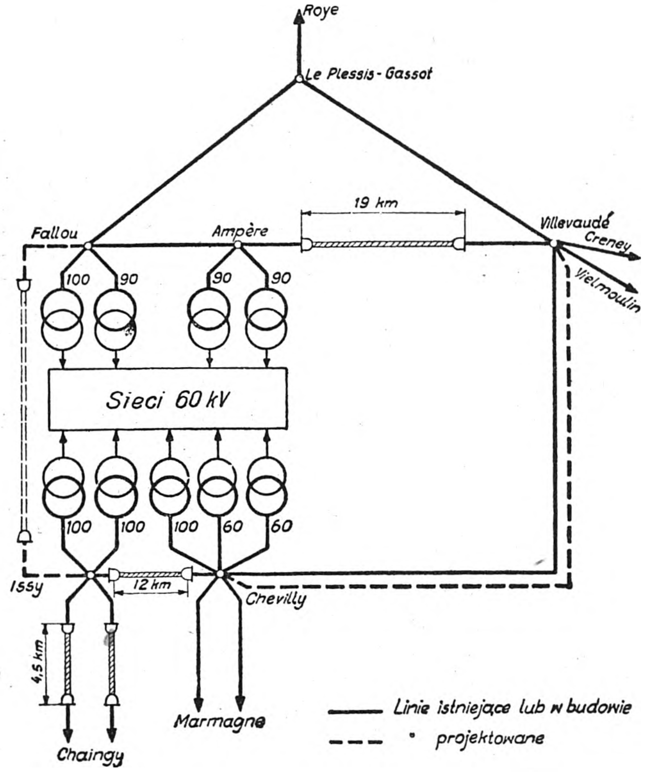
(Vitry Sud), należącej do UdE i uruchomionej w r. 1931, i St. Denis II, należącej do SEPS i uruchomionej w r. 1933.

Aczkolwiek sieć 60 kV, należąca do najważniejszych sieci tego rodzaju w świecie, bo osiągająca rozciągłość ponad 1500 km kabla jednożyłowego, doprowadziła do sprzężenia gospodarki energetycznej w obrębie samego Paryża, okazało się, że do skojarzenia gospodarki energetycznej okręgu paryskiego z ogólnokrajową gospodarką francuską potrzeb-

*) Niektóre dalsze szczegóły z okresu przedwojennego znajdują się w artykule inż. W. Szwandera p. t. „Rozdział energii elektrycznej w regionie paryskim" (PE, 1938, zesz. 13, str. 443, oraz zesz. 15, str. 577).

na jest nowa sieć o napięciu 220 kV. Konieczność ta wyniknęła z uwagi na olbrzymie spożycie energii elektrycznej i centralne położenie geograficzne węzła paryskiego, ku któremu zbiegały się wszystkie główne arterie energii wodnej z Masywu Środkowego, z Alp i z nad Renu, oraz ze względu na korzystne warunki współpracy elektrowni cieplnych z wodnymi.

W roku 1933 dwa towarzystwa wytwórcze okręgu paryskiego, UdE i SEPS, powołały do życia spółkę „Inter-Paris, Société parisienne d'interconnexions électriques", która miała za zadanie zaprojektowanie i uruchomienie sieci 220 kV okręgu paryskiego. Pierwsze instalacje „Inter-Paris" zostały uruchomione w roku 1936 i obejmowały stacje 220 kV St. Denis i Villevaudé, dwie linie 220 kV pomiędzy Villevaudé i Clichy-sous-Bois, oraz 19 km kabla 220 kV pomiędzy Clichy-sous-Bois i St. Denis. Doprowadzenie linii 220 kV, łączącej sieć 220 kV z elektrownią St. Denis II na podstacji Ampère, poprzez gęsto zaludnione okolice Paryża w postaci połączenia kablowego długości 19 km, jak również ułożenie 12 km kabla olejowego na napięcie 220 kV o zdolności przesyłowej 200 MVA do podstacji Chevilly stanowiło śmiały wyczyn techniki francuskiej.



Rys. 3. Schemat połączeń sieci 220 kV w okręgu paryskim.

Obecny stan sieci 220 kV i 60 kV w okręgu paryskim przedstawiono na rys. 2. Sieć ta stanowi całość dość silnie z sobą splecioną, połączoną transformatorami 220/60 kV. Rys. 3 przedstawia w szczególności schemat pierścienia mieszanego napowietrzno-podziemnego na 220 kV, otaczającego skupisko paryskie, jak również połączenia tego pierścienia z siecią 60 kV, która jest przedstawiona na planie tylko w formie prostokąta. Sieć ta jest w rzeczywistości przepleciona i podzielona na sekcje, oddzielone dławikami celem ograniczenia mocy zwarcia.

W okręgu paryskim czynne są następujące elektrownie cieplne:

Gennevilliers	(UdE)	moc instal.	360 MW	
St. Denis I	(SEPS)	" "	130 "	
St. Denis II	(SEPS)	" "	210 "	
Issy les Moulineux	(CPDE)	" "	130 "	administrowane wspólnie przez UdE i SEPS
St. Ouen	(CPDE)	" "	400 "	
Ivry	(SEPS)	" "	75 "	
Arrighi (Vitry Sud)	(UdE)	" "	220 "	
		razem	1.525 MW	

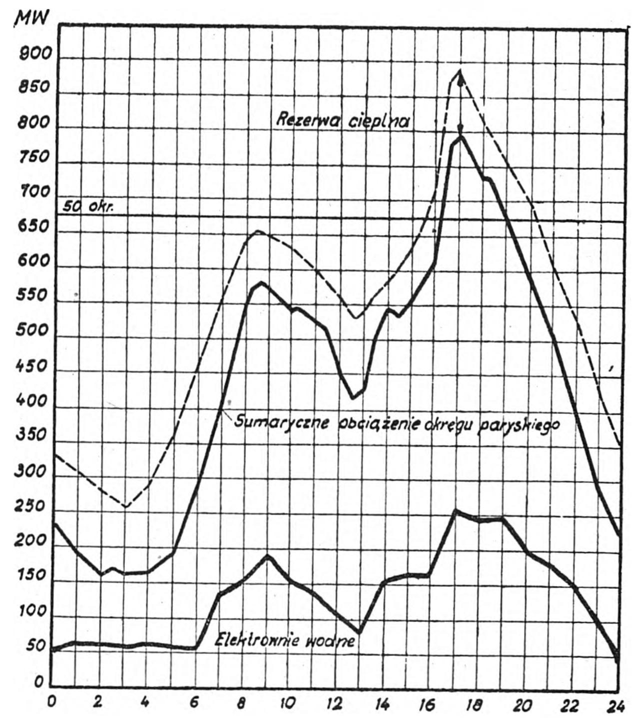
Z wymienionych elektrowni jednakże tylko dwie są nowoczesne, a mianowicie St. Denis II i Arrighi (Vitry Sud), pozostałe są mocno przestarzałe z wyjątkiem elektrowni Ivry, która jest nowoczesną elektrownią szczytową, i Issy les Moulineux, którą częściowo zmodernizowano przez zainstalowanie nowych kotłów na 44 ata i turbin czołowych na 44/16 atn.

Elektrownia Arrighi (Vitry Sud), uruchomiona w r. 1931, posiada: 9 kotłów na 39 atn, 450° C, po 135 t/h w wykonaniu: 4 Babcock-Wilcox, 3 Fives, Lille, 2 Alsthom, oraz 4 turbozespoły po 55 000 kW firmy Alsthom.

Elektrownię St. Denis II uruchomiono w r. 1933 o początkowej mocy 150 MW i wyposażeniu: 6 kotłów na 70 atn, 480° C, po 120 t/h firmy Babcock-Wilcox oraz 3 turbozespoły po 50 000 kW z generatorami 72 000 kVA (z nich jedna turbina firmy Alsthom z generatorem „Jeumont", druga turbina firmy Oerlikon z generatorem „Jeumont" i trzecia turbina firmy Brown Boveri z generatorem „Charleroi"). W czasie wojny w latach od 1939—1943 powiększono moc elektrowni do 210 MW przez zainstalowanie 2 kotłów na 70 atn, 500° C, po 130 t/h firmy Babcock-Wilcox oraz 1 turbozespołu o mocy 60 000 kW firmy Alsthom z generatorem „Jeumont" 72 000 kVA. Z braku dostatecznej rezerwy kotłowej przystąpiono do zainstalowania dziewiątego kotła na 70 atn, 500° C, 200 t/h również firmy Babcock-Wilcox; jego budowa ma być ukończona w r. 1947.

Poza wymienionymi inwestycjami przystąpiono z uwagi na dotkliwy brak mocy w okręgu paryskim do modernizacji elektrowni Gennevilliers.

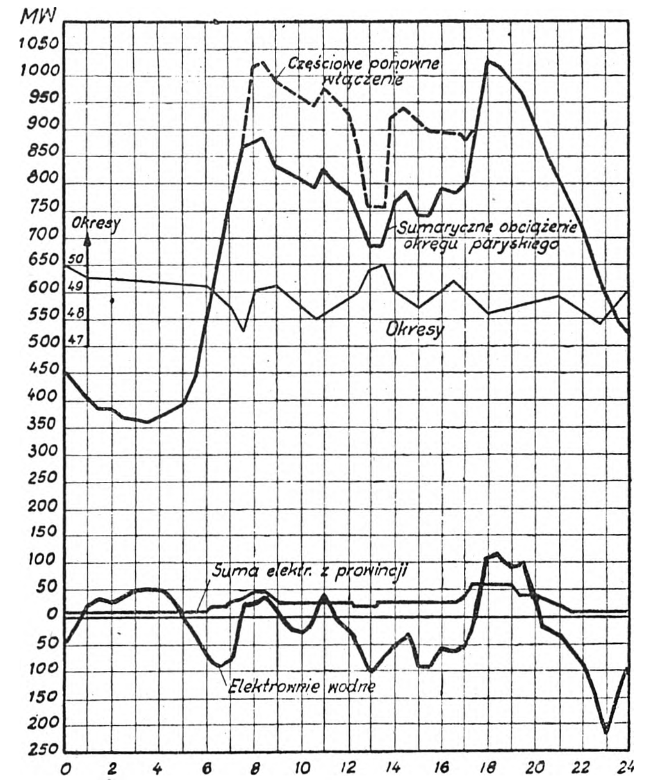
Warunki pracy elektrowni paryskich przed wojną i po wojnie ilustrują wykresy. Na rys. 4 podano dzienną krzywą obciążenia okręgu paryskiego z 23 listopada 1938 r. Szczyt wieczorny wynosił ok. 800 MW, przy czym przez całą dobę okresy były rygorystycznie zachowane na normalnym poziomie, a ponadto w elektrowniach mogła być utrzymywana momentalna rezerwa parowa. Dostawa elektrowni wodnych miała charakter dostawy szczytowej. Rys. 5 podaje dzienną krzywą obciążenia okręgu paryskiego z 27 listopada 1946 r. Obciążenie szczytowe przekroczyło 1000 MW, w czym samo „metro" uczestniczy cyfrą ponad 100 MW. Dzienna produkcja wyniosła w tym dniu 16 950 000 kWh.



Rys. 4. Wykres obciążenia okręgu paryskiego z dnia 23. XI. 38

Udział elektrowni wodnych był w r. 1946 znacznie mniejszy niż w r. 1938 z powodu katastrofalnej posuchy i wynosił ok. 110 KW w szczycie zamiast ok. 230 MW przed wojną, co dodatkowo wpłynęło na pogorszenie się sytuacji energetycznej okręgu paryskiego, którą charakteryzują następujące cechy: 1) obciążenie elektrowni paryskich do kresu ich możliwości produkcyjnych z wyjątkiem pory nocnej pomiędzy 2 a 5 godziną; 2) niemożność utrzymania okresów i konieczność ich obniżania do 48 okr./sek. w godzinach

szczytu; 3) konieczność ograniczeń spożycia energii, zwłaszcza na cele grzejnictwa w godzinach od 7,30 do 17 godziny przez wyłączanie pewnych grup odbiorników w drodze administracyjnej, co powoduje obniżenie obciążenia w wymienionych godzinach o 150 do 200 MW.



Rys. 5. Wykres obciążenia okręgu paryskiego z dnia 27. XI. 46

3. Zadania rozrządu.

Zadania rozrządu są nie tylko natury technicznej, lecz również ekonomicznej. Zasada ta znalazła szczególne zastosowanie w okręgu paryskim z uwagi na to, że dwa towarzystwa wytwórcze zawarły umowę na wspólną dostawę energii trzeciemu towarzystwu i przejęły pod wspólny zarząd elektrownie tegoż towarzystwa. Skomplikowane to zagadnienie sprowadzało się w praktyce do postulatu takiej eksploatacji zespołu elektrowni i linii, któraby przyniosła maksymum ekonomii i pewności ruchu. Postulat zaś taki mógłby być spełniony wtenczas, gdy całość byłaby kierowana przez jednego eksploatatora, znającego dobrze swój zawód.

Zespolenie w jedną organiczną całość gospodarki energetycznej okręgu paryskiego nastąpiło już przed wojną w drodze dobrowolnych układów. Zagadnienie to było wówczas bardziej skomplikowane niż obecnie, kiedy po upaństwowieniu zakładów elektrycznych jedynym eksploatatorem jest państwo.

Dwa towarzystwa wytwórcze zawarły między sobą następujący układ: 1) każde towarzystwo pozostaje nadal w posiadaniu swojego terenu zasilania; 2) oba towarzystwa oddają sobie wzajemnie do dyspozycji bezpłatnie kable, jeżeli te nie są używane dla własnych potrzeb; 3) wspólna klientela dzielona jest ściśle po połowie; z jednej strony każde towarzystwo ma prawo do połowy zdolności wytwórczej elektrowni wspólnie zarządzanych, z drugiej zaś strony ma dostarczyć połowę mocy i energii potrzebnej do zasilania wspólnych odbiorów (tj. Paryża).

Podstawowy ten układ uzupełniał dezyderat prowadzenia gospodarki przy maksymum ekonomii i pewności ruchu, jakie można osiągnąć z wykorzystania posiadanych urządzeń. Dezyderat ten pociągał za sobą pewne odchylenia od podstawowego układu, np. konieczność uruchomienia lub większego obciążenia bardziej ekonomicznej jednostki i wycofanie z ruchu innej mniej ekonomicznej. Siłą faktu znalazła zastosowanie zasada eksploatacji rozsądnej, to znaczy bardziej oszczędnej niż eksploatacja, któraby wypływała z dosłownego zastosowania kontraktu podstawowego. Zysk osiągnięty z takiego odchylenia od kontraktu podstawowego, dzieli się po połowie pomiędzy obu partnerami.

Z układów powyższych wynika, że rozrządca okręgu paryskiego miał do spełnienia zadania poważne, wymagające znajomości nie tylko ściśle technicznych, lecz i gospodarczych.

Zadaniem rozrządcy jest przewidzieć, rozdzielić i kontrolować.

Przewidywanie. Rozrządca przewiduje codziennie zapotrzebowanie mocy w ciągu dnia następnego na podstawie: a) danych statystycznych, zezwalających określić wielkość prawdopodobnego obciążenia przez porównanie procentowego wzrostu w różnych godzinach dnia; b) oceny warunków atmosferycznych w danym okresie.

Rozdział. Znając ilości energii, oferowanej przez elektrownie wodne i inne okręgi zewnętrzne, oraz znając moce rozporządzalne elektrowni cieplnych, przede wszystkim szczytowych, rozrządca dąży do realizacji racjonalnego rozkładu energii, zużytkowując energię wodną tak, aby ilość wody niezużytkowanej była ograniczona do minimum.

Po wyzyskaniu w ten sposób energii wodnej pozostałe zapotrzebowanie przerzuca się na elektrownie parowe, przy czym względy gospodarcze nakazują wybrać pewną określoną elektrownię w pierwszej kolejności, a w tej elektrowni wybrać pewien turbozespół przed innymi.

Ustaliwszy dzienny rozdział obciążeń, rozrządca przekazuje każdej elektrowni szczegółowy program ruchu na dzień następny, wyznaczając o każdej porze zarówno średnie obciążenie, jak i rezerwy wirujące (to ostatnie, oczywiście, w czasach normalnych przed wojną, kiedy nie było deficytu mocy) celem pokrycia wspólnie z innymi współpracującymi elektrowniami ryzyka wszelkiego rodzaju. A ryzyko to może być różnego pochodzenia: a) ze strony źródeł energii wodnej (wypadnięcie linii lub grupy linii, lub transformatora najbardziej obciążonego); b) ze strony elektrowni cieplnych (wypadnięcie najważniejszego zespołu cieplnego, pracującego na wspólną sieć); c) ze strony warunków atmosferycznych (gwałtowny wzrost zapotrzebowania w momencie zachmurzenia).

Kontrola. Rozrządca czuwa ustawicznie nad wykonaniem programu produkcji przez każdą elektrownię i w wypadku poważniejszego odchylenia zapotrzebowania rzeczywistego od zapotrzebowania przewidywanego: a) interweniuje, wprowadzając pożyteczne zmiany tak, aby rozdział obciążeń był jak najbardziej racjonalny; b) powiększa lub zmniejsza liczbę turbozespołów i kotłów, będących w ruchu, celem utrzymania pewności dostawy całości w ramach racjonalnego rozdziału obciążeń.

Z drugiej strony rozrządca dba o to, by przesyłenergii do ośrodków spożycia odbywał się przy maksymum pewności, tj. aby wyłączenie kabla lub linii nie pociągnęło za sobą zakłóceń w regularności dostaw.

Rozrządca w zasadzie powinien być wyłącznie upoważniony do wydawania poleceń posterunkom i podstacjom w sprawie manewrowania odłącznikami i wyłącznikami. Wyłącznie rozrządca ustala terminy przeprowadzenia rewizji i remontów.

4. Organizacja pracy w rozrządni.

Podstawowe zasady ogólnej organizacji pracy w rozrządni można ująć w następujący sposób:

a) W sali rozrządni powinna panować bezwzględna cisza tak, aby rozdzielca obciążeń i regulator przesyłu energii mieli zapewniony jak największy spokój ducha.

b) W wypadku zakłóceń pracownicy posterunków sieci winni je usunąć własnym staraniem, interwencja zaś regulatora przesyłu winna być możliwie ograniczona. Normy ruchowe winny znaleźć wtenczas zastosowanie i tylko w pewnych warunkach, określonych normami, interweniuje regulator przesyłu.

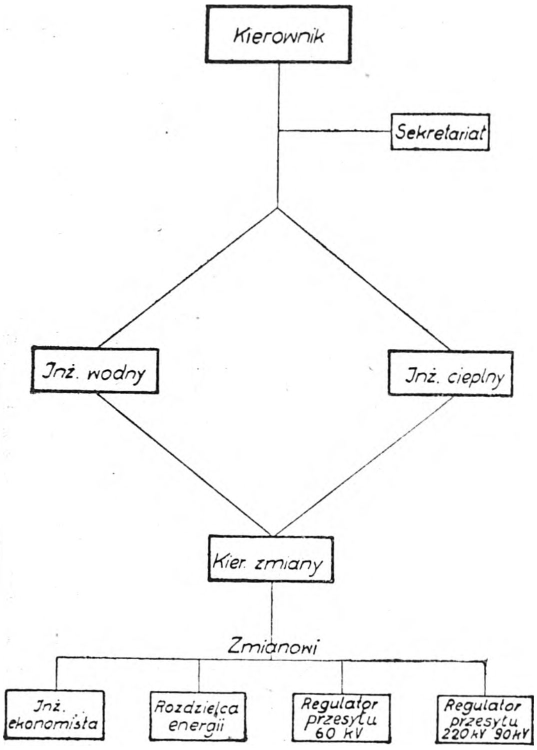
c) Potwierdzenie wykonania wydanego rozkazu powinno być znane rozrządcy już to w drodze automatycznej, już to w formie przekazu możliwie jak najszybciej.

d) Łączenia i wyniki eksploatacji powinny być znane rozrządcy w jak najkrótszym terminie.

Schemat organizacyjny rozrządu w okręgu paryskim przedstawiony jest na rys. 6.

Rozrządnia okręgu paryskiego mieściła się początkowo przy jednej z elektrowni, obecnie mieści się w centrum Paryża przy Rue de Messine 3.

W głównej sali na ścianie umieszczony jest schemat sieci okręgu paryskiego, jednak tylko orientacyjny. Przy pulpitach telefonicznych siedzą inżynierowie zmianowi — regu-



Rys. 6. Schemat organizacyjny rozrządu w okręgu paryskim.

latorzy rozsyłu przez sieci 60 kV oraz sieci 220 kV i 90 kV. Każdy z nich ma przed sobą księgę zmianową, w której na każdej stronicy wydrukowany jest schemat sieci. Poprzedni zmianowy przekazuje stan sieci, a przejmujący zmianę z kolei zakreśla na schemacie sieci czerwonym ołówkiem zachodzące zmiany i notuje ważne wydarzenia. Księgi te są podstawą pracy regulatorów przesyłu.

W sąsiedniej mniejszej sali umieszczona jest służba rozdziału energii. Tu mieszczą się aparaty wskazujące i rejestrujące obciążenia, napięcie i okresy głównych elektrowni, aparaty sumujące dostawę 7 elektrowni cieplnych oraz całkowitą dostawę elektrowni wodnych. Tu odbywa się kontrola programu. Specjalna aparatura wskazuje odchylenie krzywej rzeczywistej od krzywej przewidywanej. Odchylenia od programu, wymagające zmiany dyspozycji, rozdzielca obciążeń komunikuje inżynierowi ekonomiście, który na podstawie bardzo pomysłowo obliczonej tablicy nomograficznej wyznacza dla danych warunków te kotły i maszyny, które powinny być w ruchu, i w jaki sposób poszczególne jednostki powinny być obciążone, aby uzyskać najbardziej racjonalne warunki eksploatacji i najniższe koszty produkcji.

W tej samej sali na ścianie umieszczona jest tablica, na której dla każdej elektrowni okręgu paryskiego obok nazwy elektrowni umieszczone są w formie zmienianej wkładki numery maszyn i kotłów, będących każdorazowo w ruchu, w rezerwie czy w naprawie tak, że rzut oka wystarczy, aby zorientować się o każdorazowej zdolności wytwórczej elektrowni.

Podział czynności pomiędzy rozdzielcę energii a regulatora przesyłu jest następujący: rozdzielca energii reguluje moc czynną i okresy, regulator przesyłu reguluję moc bierną i napięcie. Nad ich pracą czuwa główny rozdzielca obciążeń, kierownik zmiany.

W pozostałych pokojach umieszczone są biura inżyniera wodnego, cieplnego, kierownictwa rozrządni i sekretariatu.

INŻ. ZYGMUNT FIGURZYŃSKI

Amerykańskie doświadczenie w stosowaniu trzeciej szyny na kolei miejskiej

Odbudowa Warszawy wymaga powiązania zagadnień komunikacyjnych Warszawskiego Zespołu Miejskiego w jedną całość. Miejska kolej szybka oraz komunikacja podmiejska, obsługiwana przez koleje dojazdowe, muszą być rozpatrywane wspólnie, gdyż ścisła ich współpraca, zwłaszcza przy projektowanym rozplanowaniu stolicy z podziałem na różne dzielnice (handlowe, przemysłowe, mieszkalne itp.), jest w przyszłości nieunikniona. Z powyższego wynika ścisła wzajemna zależność systemu trakcji, obranej dla m. k. s. (miejskiej kolei szybkiej), i warunków rozbudowy oraz eksploatacji kolei dojazdowych.

W założeniu zelektryfikowania tego ruchu, co nie podlega dyskusji, możliwe są trzy systemy trakcji do zastosowania, a mianowicie systemy prądu stałego o napięciu 750, 1500 i 3000 V.

Sprawa systemu 3000 V była przedstawiona przez inż. A. Jabłońskiego (Przegląd Komunikacyjny, z 1946 r.), który zwrócił uwagę na korzyści, związane z obiorem tego napięcia. W toku dyskusji tego zagadnienia w gronie fachowców trakcji elektrycznej wyłoniła się kwestia budowy sieci trakcyjnej z zastosowaniem trzeciej szyny na napięcie wyższe od normalnie stosowanego, leżącego w granicach 600 — 900 V. W praktyce wielkich miast zagranicą, posiadających szybką kolej miejską, zazwyczaj w tunelach tej kolei stosuje się sieć trakcyjną w postaci trzeciej szyny. Zmniejsza to w pewnych wypadkach, zależnie od kształtu przekroju, wysokość konstrukcyjną tuneli, a tym samym koszt ich budowy.

W Warszawie dla linii wybiegających ze śródmieścia na większe odległości, korzystniejsze jest zastosowanie napięcia wyższego niż 750 V. Gdyby budowa trzeciej szyny na napięcie np. 1500 V nie budziła wątpliwości natury technicznej, wyposażenie taboru w podwójne zbieracze prądu i wykonanie w tunelach i wykopach sieci z trzecią szyną, poza śródmieściem zaś sieci napowietrznej byłoby jednym z korzystnych rozwiązań.

Podczas pobytu w Stanach Zjednoczonych, autor miał możność bliższego zbadania spraw, związanych z budową i utrzymaniem sieci trakcyjnej miejskich kolei szybkich, oraz przedyskutowania z fachowcami zagadnienia budowy sieci z trzecią szyną na wyższe napięcie. Zagadnienia te możnaby podzielić na dwie kategorie: a) związane z budową oraz b) związane z utrzymaniem trzeciej szyny. W tej kolejności omówimy je niżej.

Sieć trzeciej szyny może być zasadniczo wykonana w dwojaki sposób: jako trzecia szyna z górnym odbiorem lub z dolnym odbiorem prądu. Oba typy są stosowane w U. S. A., lecz typ z odbiorem górnym przeważa co do liczby wykonań. Izolacja przy typie z dolnym odbiorem jest bardziej skomplikowana i nie wykazuje spodziewanych zalet pod względem mniejszego zanieczyszczenia pyłem metalowym z klocków hamulcowych. Natomiast zabezpieczenie tego typu szyny prądowej przed przypadkowym dotknięciem jest dużo łatwiejsze i daje się lepiej wykonać. Zabezpieczenie to tworzą deski drewniane, okrywające szynę na całej długości między izolatorami z góry i obu boków, tak iż tylko dolna powierzchnia stykowa jest odsłonięta. Szyna z odbiorem górnym ma prostszy i lepiej pracujący typ izolatorów. Zabezpieczenie nie daje się tu wykonać w sposób równie dobry, jak w poprzednim wypadku i część instalacji nie stosuje wogóle zabezpieczenia. Natomiast dużą zaletą jest łatwiejsza wymiana zarówno samej szyny, jak i izolatorów przy tym typie. Jest to specjalnie ważne w warunkach pracy konserwacyjnej, istniejących w kolei podziemnej, o czym będzie mowa dalej.

W sprawie wyższego napięcia dla trzeciej szyny zasadniczą trudność nastręcza upływ prądu. Ograniczenie miejsca i warunki mechaniczne pracy konstrukcji, wspierających szynę prądową, zmuszają do stosowania izolatorów o ograniczonych wymiarach i prostych kształtach. Ze względu na duży ciężar szyny oraz szczególnie ze względu na uderzenia i drgania, powodowane przejściem taboru

i odbieraków prądu, izolatory muszą być wyposażone w pewne elementy sprężyste w postaci wkładek ołowianych lub gumowych. Największym jednak wrogiem izolacji w tunelach jest pył metalowy z klocków hamulcowych, gromadzący się na izolatorach. Chicago Rapid Transit stosuje przy napięciu sieci 650 V. izolatory o charakterystyce napięca przeskoku na sucho 17 kV. Mimo to zachodzi często konieczność wymiany izolatorów, których glazura niszczy się pod wpływem wyładowań ślizgowych. Czyszczenie izolatorów w warunkach ruchu kolei podziemnej jest praktycznie niemożliwe i nieopłacalne. Nawet izolatory, wymienione jako brudne, przeważnie wyrzuca się, gdyż czyszczenie dokładne jest trudne, a polewa bardzo często wykazuje drobne pęknięcia.

Zwiększanie wymiarów izolatorów lub zwiększanie drogi wyładowań ślizgowych przez komplikowanie kształtu izolatora jest z jednej strony ograniczone wymiarami skrajni taboru i skrajni budowlanej tunelu, z drugiej zaś strony ma stosunkowo mały wpływ na wyładowania przy izolatorach brudnych (pokrytych warstwą pyłu żeliwnego). Dla napięcia 1500 V, nie mówiąc już o 3000 V, wszyscy fachowcy, mający duże doświadczenie w budowie i utrzymaniu sieci kolei podziemnych w Stanach Zjednoczonych, spodziewają się bardzo dużych trudności z utrzymaniem dostatecznej izolacji trzeciej szyny.

Drugą zasadniczą trudność w stosowaniu szyny prądowej do napięć wyższych stwarzają przepięcia, występujące w sieci trakcyjnej tego typu na skutek złej pracy odbieraków prądu. Spodziewając się do pewnego stopnia trudności z izolacją szyny prądowej, autor był jednak zaskoczony rozmiarem kłopotów, stwarzanych przez przepięcia, i wpływem ich na konstrukcję silników i izolację taboru. Sprawa nie jest dotychczas dostatecznie zbadana, lecz wydaje się, iż stosunkowo bardzo wielkie przekroje i mała oporność obwodów w sieci kolei podziemnej z trzecią szyną stwarzają bardzo korzystne warunki dla występowania dużych stosunkowo przepięć wobec często występujących łuków i przerw prądu przy przejściu taboru. Przerwy w trzeciej szynie są konstrukcyjnie nieuniknione ze względu na rozjazdy i sekcjonowanie.

Dla zobrazowania wpływu, jaki mają przepięcia na konstrukcję taboru, podamy związane z tym warunki odbiorcze silników dla nowego taboru, zamówionego obecnie przez Board of Transportation dla szybkiej kolei miejskiej Nowego Jorku. Izolacja silników trakcyjnych tego taboru, pracujących normalnie przy napięciu 300 V w połączeniu parami w szereg, winna być zgodnie z przepisami AIEE (American Institute of Electrical Engineers) poddawana próbie napięciowej

$$2 \cdot U + 1500 = 2 \times 600 + 1500 = 2700 \text{ V}.$$

Są to zresztą wymagania identyczne z przepisami V. D. E. na silniki trakcyjne. Tymczasem przepisy odbiorcze przewidują próby napięciowe izolacji dla twornika i komutatora 4400 V, dla stojana zaś 3500 V. Izolacja międzydziałkowa komutatora winna dodatkowo wytrzymywać 300 V.

Poza tym przewidziane są specjalne próby przerywania prądu podczas pracy silnika przy normalnym napięciu i 50% prądu godzinnego oraz przy napięciu 1,25 U i prądzie = 150% prądu godzinnego na okres od jednej do dziesięciu sekund.

Tego rodzaju podwyższenie wymagań w stosunku do przepisów pod względem izolacyjności silników tłumaczy się chęcią zabezpieczenia ich przed uszkodzeniami przepięciowymi. Silniki taboru starszego typu, wykonywane z izolacją przepisową, ulegały częstym przebiciom. Stosowanie odgromników nie dawało dodatnich wyników.

Jeżeli w sposób dosyć dowolny założyć, iż wysokość występujących przepięć jest proporcjonalna do napięcia sieci, należałoby przy napięciu 1500 V stosować izolację silników, zbliżoną do normalnie używanej przy napięciu sieci 3000 V. W wypadku jeszcze wyższego napięcia sieci trudności z izolacją silników mogłyby przekroczyć dzisiejsze możliwości produkcyjne. Wprawdzie skuteczność działania odgromników przy wyższych napięciach powinnaby być większa, lecz w każdym razie ze zjawiskiem tym należałoby się poważnie liczyć przy budowie taboru dla systemu trzeciej szyny o wyższych niż normalnie stosowanych napięciach.

Z obserwacji, poczynionych na amerykańskich kolejach podziemnych, autor widzi nie mniej zasadnicze trudności w konserwacji sieci trzeciej szyny na wysokie napięcie. Wszystkie prace na sieci trzeciej szyny, których wbrew oczekiwaniu jest stosunkowo dużo, są przy istniejących napięciach 600—650 V wykonywane bez wyłączenia napięcia. Charakter ruchu „metra" nie pozwala na uzyskiwanie dłuższych przerw między pociągami nawet w okresie nocnym. Wszystkie amerykańskie koleje podziemne pracują przez 24 godziny. Nawet w miastach o stosunkowo mniejszym zaludnieniu, jak Boston lub Philadelphia, zbliżonych częściowo do projektowanej Warszawy, nocne odstępy między pociągami nie przewyższają 20 min., nie licząc pociągów pozarozkładowych.

Trudności w sekcjonowaniu trzeciej szyny również zmniejszają efektywny czas wyłączenia pewnego odcinka sieci. Wszelkie prace wypadkowe są wykonywane w dzień przy tak gęstym ruchu, iż do wyłączenia napięcia i uziemienia sieci należałoby całkowicie wstrzymać ruch pociągów kolei podziemnej na czas naprawy. Otóż prowadzenie pod napięciem robót konserwacyjnych i naprawczych w trzeciej szynie przy napięciu 1500 V, nie mówiąc już o 3000 V, wymagałoby opracowania specjalnych metod i byłoby związane z bardzo dużym ryzykiem. Brak doświadczenia pod tym względem zmusiłby jednak instytucję, która pierwsza wprowadziłaby sieć trzeciej szyny o wyższych napięciach, do pracy z wyłączaniem i uziemianiem sieci. W warunkach ruchu warszawskiego może i dałoby się uzyskać jakąś większą przerwę nocną dla robót konserwacyjnych, jednak obserwacja tych prac w U. S. A. każe się obawiać, iż nie byłaby ona wystarczająca.

Prowadzenie robót drogowych przy utrzymaniu torów i podtorza również staje się trudniejsze z podwyższeniem napięcia trzeciej szyny, mocowanej do tych samych podkładów.

Pewność ruchu przy systemie trzeciej szyny, w porównaniu z siecią napowietrzną, nie wygląda specjalnie korzystnie w opinii fachowców, mających długoletnie doświadczenie z obu typami sieci. Niejednokrotnie spotykamy się w Ameryce z opinią, iż wprawdzie sama konstrukcja sieci w postaci trzeciej szyny jest znacznie solidniejsza i mocniejsza od sieci napowietrznej, co powinnoby dawać większą pewność ruchu, lecz niedoskonałość odbieraków prądu obniża te zalety tak bardzo, iż nie można zasadniczo mówić o przewadze pod tym względem jednego systemu nad drugim.

Wreszcie pewnym wskaźnikiem trudności, związanych z podwyższaniem napięcia trzeciej szyny jest ta okoliczność, iż w żadnej z obecnie czynnych instalacji nie przekracza ono 900 V, a przeważnie znajduje się w granicach 600—700 V.

W Stanach Zjednoczonych była wykonana w okresie pierwszej wojny światowej niewielka elektryfikacja z napięciem trzeciej szyny 1200 V, zresztą na szlaku, nie mającym charakteru szybkiej kolei miejskiej. Po szeregu lat trudności z utrzymaniem izolacji i in. sieć została przebudowana na napowietrzną.

Wnioski.

1. Budowa szybkiej kolei miejskiej w układzie: trzecia szyna w tunelach i sieć napowietrzna nazewnątrz na napięcie 1500 V, a tym bardziej na 3000 V, wydaje się być rzeczą bardzo ryzykowną. Ze względu na trzecią szynę takie rozwiązanie spowoduje duże trudności w budowie, a zwłaszcza w eksploatacji. Należy liczyć się ze zwiększonym kosztem budowy taboru nie tylko z racji podwójnych odbieraków prądu, lecz i ze względu na podwyższenie izolacji silników w stosunku do napięcia sieci.

2. Budowa całości szybkiej kolei miejskiej z trzecią szyną na napięcie 650—750 V zmusi do rozgraniczenia ruchu na niewielki stosunkowo zakres działania w tunelach i wykopach właściwej sz. k. m. oraz na koleje dojazdowe jako osobny system. Zastosowanie tegoż napięcia dla kolei dojazdowych przy sieci napowietrznej jest nieusprawiedliwione gospodarczo, budowa zaś trzeciej szyny jest niewłaściwa ze względów technicznych (warunki pracy w zimie) i bezpieczeństwa. W tym wypadku koleje dojazdowe mogłyby mieć system 1500 V lub 3000 V. Strony ujemne takiego rozgraniczenia ruchu zostały podkreślone uprzednio w artykułach inż. A. Jabłońskiego i inż. J. Dzikowskiego.

3. Budowa sieci trakcyjnej sz. k. m. jako sieci napowietrznej zarówno w wykopach, jak i w tunelach. Przy

odpowiednim opracowaniu i zastosowaniu specjalnych materiałów sieć taka, zarówno na napięcie 1500 V, jak i 3000 V, daje gwarancję pewności ruchu nie mniejszą, a w opinii niektórych fachowców amerykańskich większą, niż sieć z trzecią szyną na normalne napięcie. Budowa sieci napowietrznej wymagałaby odpowiedniego prześwitu tunelu, co naturalnie może zwiększyć koszta jego wykonania. Przy niewielkiej jednak długości ogólnej tunelu ta różnica, jeżeli nawet powstanie, będzie zupełnie usprawiedliwiona korzyściami, których można się spodziewać przy podwyższeniu napięcia dla całości systemu komunikacyjnego.

Pozostaje kwestia wysokości napięcia: 1500 V czy 3000 V?

W świetle spostrzeżeń, poczynionych na kolejach zelektryfikowanych w Stanach Zjednoczonych, autor uważa napięcie 1500 V za gospodarczo korzystniejsze, sprawa ta jednak wymaga dokładnego przeanalizowania i wybiega poza ramy niniejszego artykułu.

PROF. DR WIKTOR KEMULA

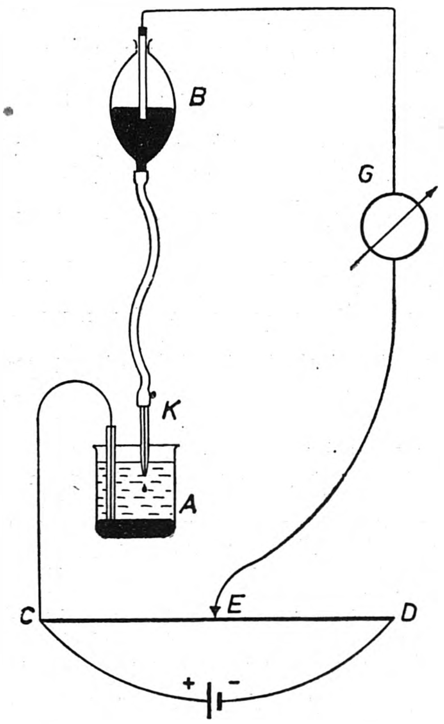
Polarograf i jego zastosowanie w przemyśle

I. Elementy teorii badań polarograficznych.

1. Metoda polarograficzna i polarograf.

Metodę polarograficzną zawdzięczamy pracom J. Heyrovsky'ego i wynalezieniu przezeń „polarografu", aparatu rejestrującego automatycznie przebieg elektrolizy roztworów na elektrodach rtęciowych, z których jedna — katoda — jest elektrodą kroplową. Schematycznie urządzenie takie jest normalnym układem do pomiarów napięcia rozkładowego roztworów elektrolitów (rys. 1). Jest ono uzupełnione urządzeniem do rejestracji prądu o bardzo małym natężeniu, rzędu 10^{-8} — 10^{-6} amperów, płynącego przez galwanometr **G**. Na potencjometrze **CD**, połączonym z dwoma akumulatorami (4 V), znajduje się styk ślizgowy **E**. Ze styków **C** i **E** można odbierać wzrastającą siłę elektromotoryczną, którą zasilamy naczynie elektrolityczne.

Na dnie szklanego naczynia, napełnionego badanym roztworem, znajduje się rtęć, połączona z biegunem dodatnim **A**. Styk **E** przez galwanometr łączymy z kroplową katodą **K**. Jest to wąska szklana kapilara, połączona wężem gumowym z naczyniem poziomym. Szybkość wypływu rtęci można regulować przez dobieranie



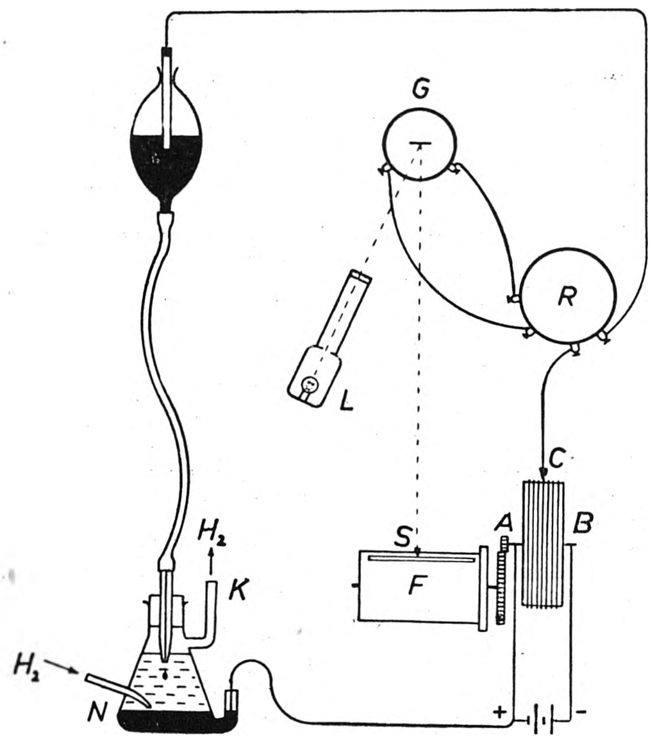
Rys. 1. Najprostszy schemat urządzenia do pomiaru potencjałów wydzielenia jonów (napięcia rozkładowego).

A	anoda rtęciowa
K	katoda kroplowa
B	zbiornik z rtęcią
CD	potencjometr
E	styk ślizgowy
G	galwanometr

odpowiednich różnic poziomów rtęci. Zwykle regulujemy ją tak, aby czas trwania kropli wynosił 2—3 sekundy. Ponieważ anoda ma powierzchnię bardzo dużą, a katoda małą, polaryzuje się — praktycznie biorąc — wyłącznie katoda kroplowa. W rzeczywistości urządzenie polarograficzne jest bardziej skomplikowane. Jego schemat uproszczony wynika z rys. 2.

2. Własności katody kroplowej.

Katoda kroplowa ma szczególne własności: w przeciwieństwie do zwykle używanych elektrod stałych, np. platynowej, ma stale odnawiającą się i czystą powierzchnię, dzięki czemu na niej nie gromadzą się zanieczyszczenia, wpływające bardzo na „nadnapięcie", gdyż na miejsce jednej wyrasta nowa kropla itd. Dzięki idealnie gładkiej powierzchni ciekłej rtęci „nadnapięcie" wodoru na kroplowej katodzie jest bardzo duże, np. z normalnego kwasu wodór wydziela się przy —0,9 V względem nor-



Rys. 2. Uproszczony schemat polarografu. **AB** potencjometr, **C** styk ślizgowy, **R** reduktor czułości galwanometru **G**. **L** lampa do rejestracji polarogramów przez szczelinę **S** na światłoczułym papierze, nawiniętym na bębnie **F**. **N** naczynko elektrolityczne. Na dnie warstwa rtęci stanowi anodę, rtęć kapie z kapilary szklanej — katody **K**.

malnej elektrody kalomelowej. Z roztworów obojętnych i alkalicznych wodór wydziela się dopiero po potencjale wydzielania metali alkalicznych i ziem alkalicznych. Nie wykazuje ona pasywności, ani się nie zatruwa.

Bardzo ważną rolę odgrywa zdolność rtęci do tworzenia amalgamatów, co powoduje brak reakcyj wtórnych z wielu metalami i nie zakłóca przebiegu elektrolizy.

3. Warunki elektrolizy.

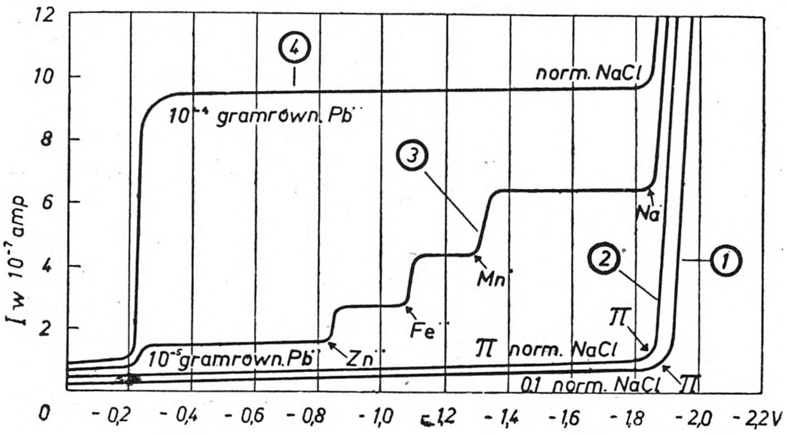
Wobec tego, że prądy płynące przez roztwór elektrolizowany są rzędu $I = 10^{-9} — 10^{-6}$ ampera, zużycie badanego roztworu praktycznie nie następuje.

Do wykonania elektrolizy wystarczają bardzo małe (0,001 do 0,01 normalnego) stężenia roztworów, a w razie potrzeby można zastosować również bardzo małe objętości, wystarcza nawet 0,01 cm^3 roztworu.

Te cechy nadają metodzie polarograficznej charakter metody mikroanalitycznej.

4. „P o l a r o g r a m".

W wyniku rejestracji metodą polarograficzną lub inną przebiegu polaryzacji 0 — 4 V otrzymujemy „polarogram". Rys. 3 ilustruje nam dostatecznie pojęcie „krzywej polarograficznej". Jest to krzywa zależności natężenia prądu, płynącego w obwodzie przez galwanometr, od



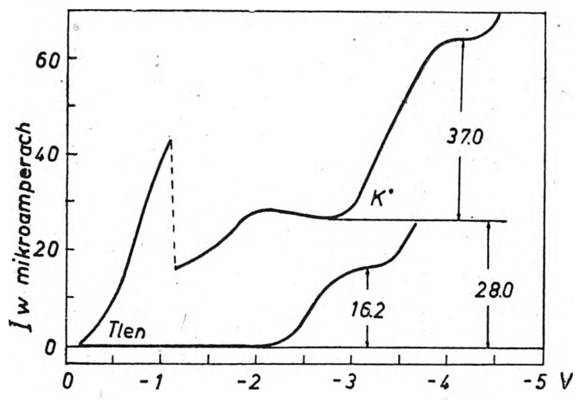
Rys. 3. Krzywa 1: elektroliza 0,1 norm. NaCl aq. Krzywa 2: elektroliza 1n. roztworu. NaCl aq. Krzywa 3: elektroliza mieszaniny jonów Pb", Zn", Fe", Mn" i Na'. Krzywa 4: elektroliza jonów Pb" i Na'.

doprowadzonej siły elektromotorycznej, odpowiadającej odcinkowi **CD** (rys. 1), czyli I = f (E). Na dolnej krzywej (2) widzimy typowy przebieg elektrolizy np. w roztworze NaCl (1n). Nie widzimy tutaj znaczniejszego wzrostu natężenia prądu I, dopiero po osiągnięciu napięcia rozkładowego — 1,85 V, które wobec stałości potencjału anodowego jest równe potencjałowi wydzielania jonów Na' (mierzone styczną pod kątem 45⁰). Po osiągnięciu potencjału wydzielania prąd zaczyna gwałtownie wzrastać, gdyż wydzielają się jony Na'. Z rys. 3 wynika również, że potencjał wydzielania (p. niżej) zmienia się ze zmianą stężenia: np. 0,1n. roztworów NaCl wykazuje bardziej ujemny potencjał wydzielania się jonów Na' (krzywa 1).

5. „F a l a".

W m i e s z a n i n i e jonów (krzywa 3, rys. 3) — i to jest wybitną zaletą kroplowej katody rtęciowej — każdy rodzaj jonów wydziela się oddzielnie, osiągając charakterystyczny dla niego potencjał wydzielania, i tworzy „stopień", zwany przez polarografistów „falą", której wysokość jest proporcjonalna do stężenia danego rodzaju jonów. Redukujące się na katodzie jony są uzupełniane drogą dyfuzji z głębszych warstw roztworu, nazywamy go przeto prądem „dyfuzyjnym" jonów.

Oczywiście szybkość dyfuzji będzie proporcjonalna do stężenia jonów. Doświadczenie to w zupełności potwier-



Rys. 4. Krzywa górna: polarogram redukcji 0,001 n KCl aq. w obecności tlenu z powietrza. Krzywa dolna: to samo po przepuszczeniu przez roztwór wodoru, który usuwa z niego tlen.

dza, jak to wynika z krzywej 3 i 4 na rys. 3. Natężenie prądu, płynącego przez roztwór (krzywa 4), gdy stężenie jonów Pb" jest dziesięciokrotnie większe (10^{-4}), jest 10-krotnie większe, aniżeli w roztworze, gdzie stężenie jonów Pb" = 10^{-5} (krzywa 3).

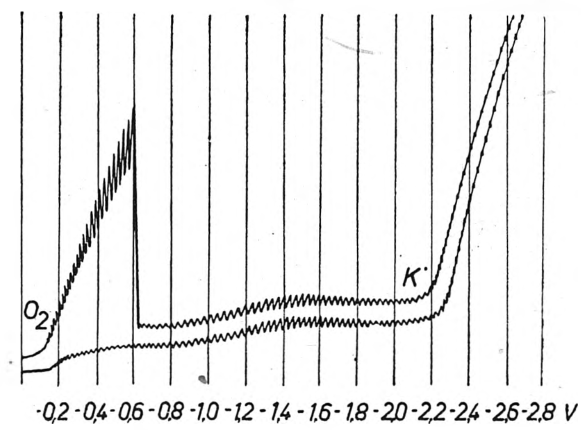
6. W p ł y w t l e n u.

Oprócz jonów, jak wykazało doświadczenie, mogą redukować się i cząsteczki obojętne, np. O_2. Ponieważ tlen z powietrza jest obecny w wodzie i wszelkich roztworach (o ile nie będą go pozbawione przez dłuższe przepuszczanie wodoru H_2 lub azotu N_2 przez roztwór), może to mieć wpływ na przebieg elektrolizy, jak to ilustruje rys. 4. Krzywa dolna stanowi przebieg elektrolizy 0,001n. KCl, pozbawionego tlenu, górna z tlenem z atmosfery.

7. „M a k s y m u m" i „e g z a l t a c j a".

Obserwujemy na dolnej krzywej jednocześnie dwa ciekawe zjawiska: „maksymum" i „egzaltację" fali jonów potasowych K' (rys. 4).

„Maksymum", czyli anormalny wzrost natężenia prądu, który widoczny jest na początku krzywej górnej, tworzy się, jeżeli w roztworze o danym składzie dzięki adsorbcji wytwarza się na katodzie anormalny przebieg spadku po-



Rys. 5. Elektroliza 0,001n wodnego roztworu KCl na powietrzu. Krzywa górna: maksymum tlenowe; krzywa dolna: po dodaniu kropli roztworu kwasu salicylowego maksymum zanika.

tencjału, jak to np. jest w przypadku powstawania potencjału elektrokinetycznego. Dzięki tym siłom adsorbcyjnym powstają wiry w roztworze, które mieszają ciecz w warstewce przykatodowej i dostarczają w ten sposób ciała redukującego się do powierzchni katody więcej, aniżeli by się to odbyło wyłącznie drogą dyfuzji. „Maksymum" może być zniesione dodaniem powierzchniowo-aktywnych ciał, które „blokują" powierzchnię kropli rtęci, stanowiącej katodę (rys. 5, krzywa dolna).

Drugie zjawisko — „egzaltacja" — jest to z w i ę k s z e n i e „fali" np. jonów K', jak to widzimy na górnej krzywej (rys. 4), w porównaniu z falą jonów K' na dolnej krzywej, jakkolwiek stężenie jonów K' nie zmieniło się. „Egzaltacja" występuje, gdy w roztworze obecny jest tlen lub jakikolwiek jon, redukujący się przy potencjale bardziej elektrododatnim (na lewo od danego jonu), aniżeli badany jon, mimo że jego stężenie w roztworze n i e z w i ę k s z y ł o się. Rzecz polega na zmianie warunków wędrówki jonów, która nastąpiła dzięki wytwarzaniu się jonów OH' podczas redukcji katodowej cząsteczek rozpuszczonego tlenu gazowego O_2. Fala jonów wodorowych w obecności O_2, rozpuszczooego w roztworze, maleje skutkiem łączenia

się jonów wodorowych z hydroksylowymi, będącymi „na przedpolu", czyli otaczającymi katodę.

8. „Tłumienie".

Analogicznie można stwierdzić zmniejszenie „fali" jonu, jeżeli dodamy nadmiar ciała, redukującego się przy potencjale bardziej ujemnym, aniżeli badany jon na polarogramie (na prawo od niego). Zjawisko to nazywamy tłumieniem.

Obydwa one zakłócają w pewnym stopniu przebieg elektrolizy, co ma duże znaczenie w stosowaniu metody polarograficznej do celów analizy chemicznej, zostały jednak w zupełności opanowane.

9. Potencjał redukcji π i półfali $\pi_{1/2}$.

Ogólnie biorąc, proces redukcji jonów na katodzie przebiega w sposób następujący:

$$Me^{n(+)} + n(-)\ (+Hg) = Me(Hg).$$

Potencjał elektrody π da się obliczyć z wyrażenia:

$$\pi = \pi_a^o - \frac{RT}{nF}\, l \cdot \frac{a_{amalg.}}{a_{jon.}} \qquad (I)$$

W tych wyrażeniach:

$Me^{n(+)}$ — kation o wartościowości n, n(—) – ilość pobranych elektronów przez kation podczas redukcji na katodzie, π_a^o — potencjał normalny amalgamatu, $(\underset{a=1}{Me(Hg)} / \underset{a=1}{Me^{n(+)}})$ — „normalna" elektroda porównawcza, $a_{amalg.}$ — aktywność atomów w amalgamacie, $a_{jon.}$ — aktywność jonów w otoczeniu kroplowej elektrody. Jeżeli $a = f_a \cdot c$, wtedy równanie (I) da się przepisać, jak następuje:

$$\pi = \pi_a^o - \frac{RT}{nF} \ln \frac{f_a}{f_s} - \frac{RT}{nF} \ln \frac{c_{amalg.}}{c_{jon.}} \qquad (II)$$

Wynika z tego wzoru, że potencjał redukcji jonów pewnego rodzaju (mierzony w punkcie, w którym styczna tworzy kąt 45° z osią odciętych) zależy od stężenia jonów w roztworze.

Z teoretycznych rozważań należało się spodziewać, że potencjał $\pi_{1/2}$, czyli potencjał redukcji jonów przy osiągnięciu wartości połowy wysokości fali, nie zależy od stężenia jonów: jest to tzw. potencjał pół-fali. Natomiast potencjał wydzielania się jonów zmienia się ze stężeniem (rys. 6 oraz rys. 3, krzywe 1 i 2).

Potencjały pół-fali ujmujemy obecnie w formie tablicy według załączonego wzoru fragmentarycznego (str. 173). Wykreślone tam są one w postaci pionowych linii, analogicznie do linii widma, dla różnych warunków elektrolizy: w obecności różnych czynników kompleksotwórczych np. KCN, kw. winowego itp.

10. „Prąd dyfuzyjny" i warunki jego odtwarzalności.

Już wspomniano wyżej, że wysokość „fali", czyli natężenie prądu I, płynącego przez naczynie elektrolityczne, jest proporcjonalne do stężenia c redukujących się jonów:

$$I = k \cdot c.$$

Dla prądów „dyfuzyjnych" na drodze teoretycznej obli-

$$k = 0{,}63 \cdot n \cdot F \cdot D^{1/2} \cdot m^{2/3} \cdot t^{1/6}.$$

Po podstawieniu otrzymujemy wyrażenie, pozwalające teoretycznie obliczyć wartość prądu dyfuzyjnego:
czono wartość stałej k. Wynosi ona:

$$I_d = 0{,}63 \cdot n \cdot F \cdot D^{1/2} \cdot m^{2/3} \cdot t^{1/6} \cdot c \qquad (III)$$

Tutaj: n — wartościowość jonu, F — 1 Faraday = 96500 kulombów, D — stała dyfuzji redukującego się jonu, m — masa rtęci wypływającej w ciągu 1 sek. z kapilary, t — czas trwania jednej kropli. Wzór ten daje nam możność określenia warunków odtwarzalności prądu dyfuzyjnego I_d dla tego samego stężenia jonów pewnego rodzaju (w stałej temperaturze).

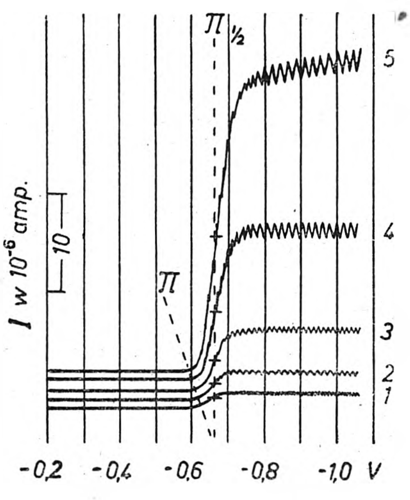
Wyprowadzenie tej zależności usunęło jedną z największych trudności metody polarograficznej — sprawę odtwarzalności wyników.

Z wzoru (III) wynika, że nieodzowne jest zachowanie stałości wyrażenia: $m^{2/3} \cdot t^{1/6} = const.$ Wyrażenie to pozwala obliczyć wartość stałej dyfuzyjnej D w roztworach zawierających mieszaniny jonów. Zagadnienie to jest bardzo trudne do rozwiązania na innej drodze.

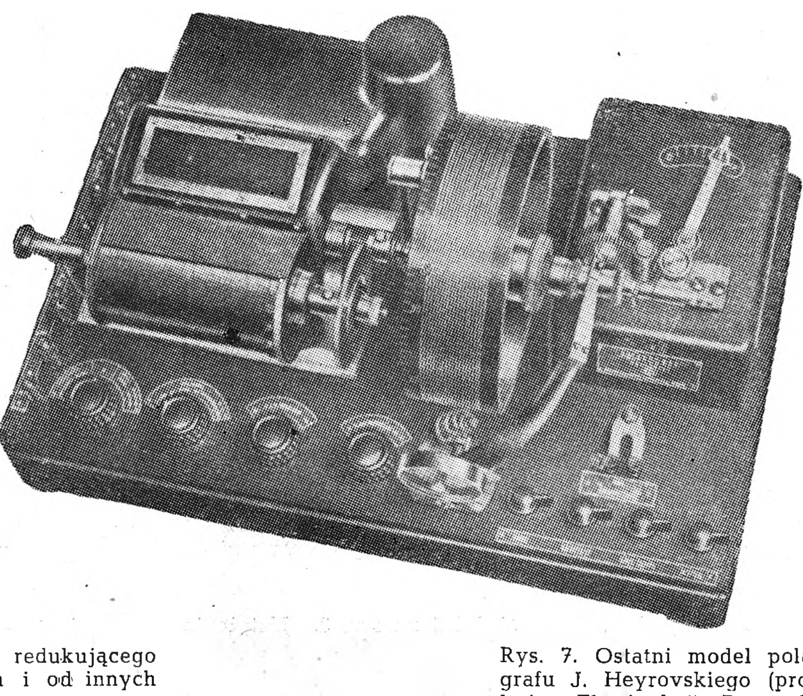
11. Porównanie metody polarograficznej ze spektrograficzną.

Wartość $\pi_{1/2}$ i I_d określają jakość i ilość redukujących się ciał w roztworze. Porównując omówione wyżej fakty z emisyjną analizą spektralną, możemy zauważyć, że potencjał $\pi_{1/2}$ odpowiada długości fali λ charakterystycznej linii pierwiastka, a wysokość „fali" (= natężenie prądu I_d — intensywności (zaczernieniu na płycie) tej linii.

W tym porównaniu „polarogramu" z widmem, zdjętym na płycie fotograficznej, najlepiej da się ująć zalety i wady metody polarograficznej. Analiza spektralna, a tak samo polarograficzna, nie pozwala robić analizy „systematycznej" (chociaż są robione próby w tym kierunku).



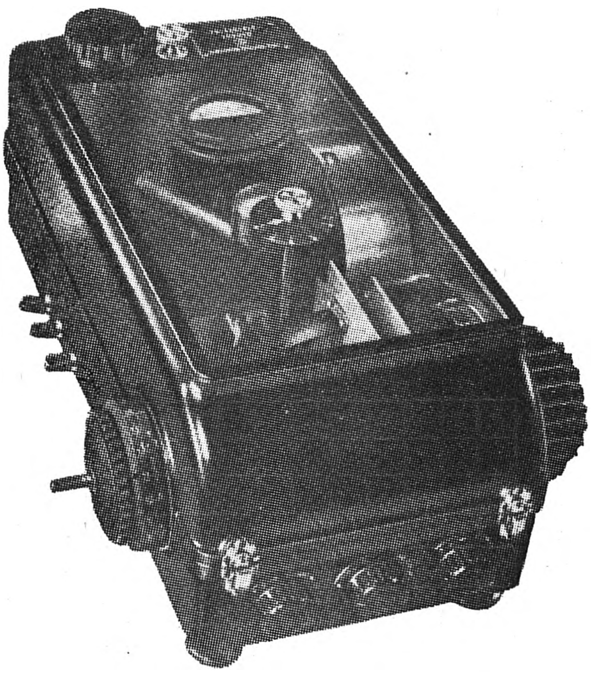
Rys. 6. Rysunek unaocznia stałość potencjałów pól fali $\pi^1/_2$ i zmienność potencjałów wydzielania π.



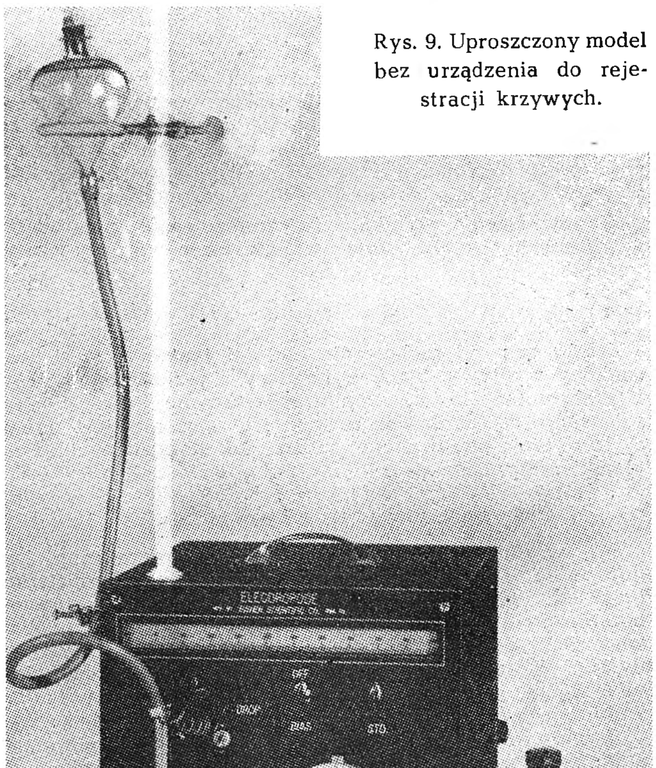
Rys. 7. Ostatni model polarografu J. Heyrovskiego (produkuje „Zbrojovka", Brno, Czechosłowacja).

Bez względu więc na ilość (stężenie) ciała redukującego się wartość $\pi_{1/2}$ jest stała. Nie zależy ona i od innych czynników np. szybkości kapania rtęci. Wykrycie tego faktu ogromnie posunęło sprawę naprzód.

Natomiast w przypadkach szczegółowych może oddać nieocenione usługi. Szczególnie do kontroli produkcji, kiedy zachodzi konieczność otrzymywania szybkich wyników, wykonyawnych w sposób podobny, np. w analizie stopów metali, przy badaniu zanieczyszczeń, badaniu roztworów itp.



Rys. 8. Ostatni model mikropolarografu J. Heyrovskiego (produkuje „Zbrojovka", Brno, Czechosłowacja).



Rys. 9. Uproszczony model bez urządzenia do rejestracji krzywych.

12. Katodowa redukcja anionów.

Oprócz katodowej redukcji kationów stwierdzono istnienie „indukowanej" redukcji anionów (na katodzie). Np. jony NO_3', NO_2', BrO_3', IO_3' w obecności wielowartościowych kationów $La^{\cdot\cdot\cdot}$, $Ce^{\cdot\cdot\cdot}$, $Mg^{\cdot\cdot}$ itp. ulegają redukcji na katodzie. Można w ten sposób wykryć i oznaczyć stężenie anionów. Na tej drodze można jednocześnie oznaczyć stężenie kilku anionów w mieszaninie.

13. Redukcja cząsteczek organicznych i nieorganicznych.

Stanowi to osobny ważny dział polarografii. Z cząsteczek nieorganicznych redukcji ulegają np.: O_2, NO, H_2O_2, SO_2, ale nie redukują się np.: N_2, CO, CO_2.

Wiele związków organicznych, w szczególności wszystkie związki nienasycone z wiązaniami niesprzężonymi, np. kwas itakonowy, krotonowy, olejowy nie redukują się. Natomiast związki nienasycone ze sprzężonymi wiązaniami chemicznymi, aldehydy, ketony, sprzężone ketony, pochodne nitrowe, imidy, aminy — ulegają redukcji.

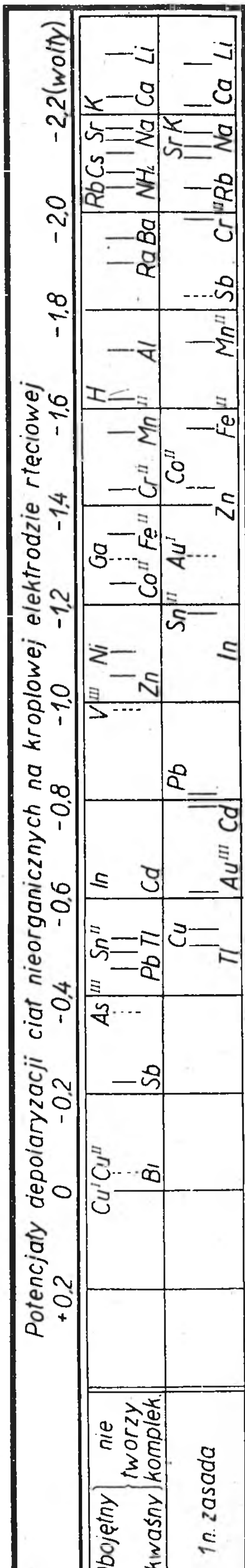
Należy przypuszczać, że w analizie związków organicznych metoda polarograficzna, przede wszystkim jako metoda mikroanalityczna, będzie odgrywała coraz poważniejszą rolę. Nie mniejszą rolę odgrywa polarografia do rozwiązywania również zadań czysto teoretycznych.

14. Światowa produkcja polarografów.

Produkowane typy polarografów różnią się wyposażeniem, ułatwiającym pewne czynności techniczne, jak rejestracja krzywych polaryzacji. Dawniej rejestrowano krzywe polarograficzne I = f(E) wyłącznie fotograficznie (rys. 7 i 8); obecnie przy zastosowaniu prostownika zamiast akumulatora i lampowego wzmacniacza proporcjonalnego krzywą polarograficzną otrzymuje się również na normalnych aparatach rejestrujących z napędem motorowym lub sprężynowym.

Oprócz aparatów samoczynnych produkuje się obecnie modele aparatów o uproszczonej budowie (rys. 9).

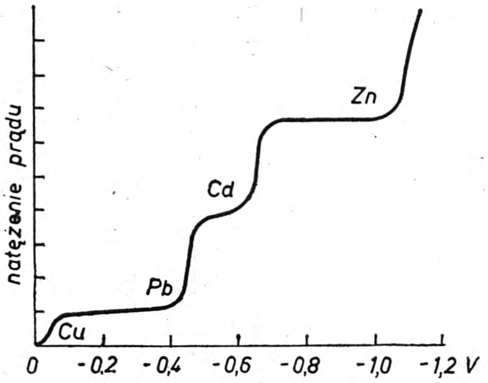
Według posiadanych przez nas wiadomości polarografy produkują: Ameryka (8 typów), Anglia (4 typy), Czechosłowacja (2 typy), Dania, Związek Radziecki (2 typy), a produkowały Włochy, Japonia i Niemcy (3 typy).



Stosowanie analizy polarograficznej rośnie stale. W ciągu wojny rozpowszechniło się w Ameryce.

II. Zastosowanie praktyczne.

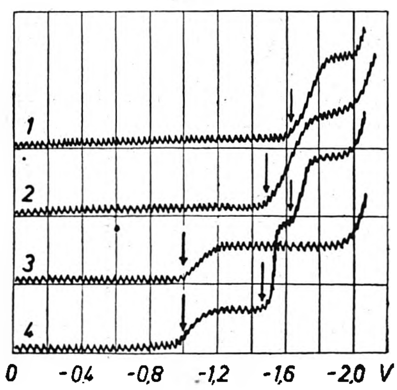
15. Zastosowania w analizie chemicznej. Oprócz ważnych osiągnięć teoretycznych, metoda polarograficzna jest jednym z ważnych narzędzi do badań praktycznych. W chemii analitycznej jest nieodzowna



Rys. 10. Redukcja mieszaniny jonów Cu, Pb, Cd, Zn.

przy oznaczaniu czystych ciał nieorganicznych zjonizowanych, jak sole, kwasy, zasady, oraz ich mieszanin, a również i ciał niezjonizowanych np. O_2. Sprawa jest łatwa, jeżeli potencjały redukujących się ciał π nie nakładają się.

Istnieją liczne sposoby oznaczania jonów, których potencjały pół-fali $\pi_{1/2}$ nie różnią się znacznie wartościami i które wydzielają się razem. Z powodu braku miejsca omawiać ich bliżej tutaj nie sposób. W zasadzie polegają one na przeprowadzaniu części obecnych jonów w stan sprzężonych jonów, dzięki czemu ich potencjał wydzielania staje się bardziej ujemny. Dane, zebrane w tablicy, służyć mogą przykładem. Np. jony miedzi wydzielają się



Rys. 11. Krzywa 1: elektroliza roztworu aldehydu octowego $CH_3.CHO$; Krzywa 2: elektroliza roztworu aldehydu mrówkowego HCHO, Krzywa 3: elektroliza roztworu nadtlenku etylu $C_2H_5OOC_2H_5$; krzywa 4: elektroliza mieszaniny aldehydów i nadtlenku o nieznanym składzie.

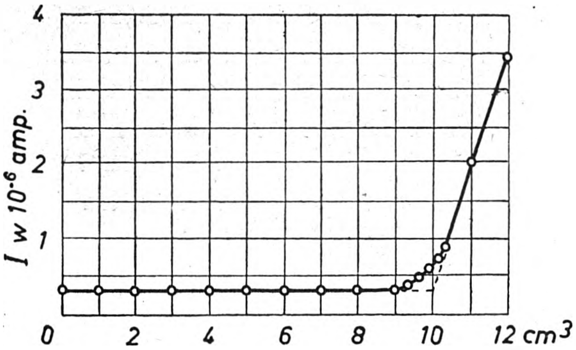
przy potencjale zbliżonym do zera względem normalnej elektrody kalomelowej. Po dodaniu zasady lub amoniaku w obecności chlorku amonowego potencjał pół-fali $\pi_{1/2}$ wydzielania się miedzi przesuwa się do wartości ok. —0,5 V.

Na dalszą poważną przeszkodę w oznaczaniu, nawet dla jonów o dostatecznie różnych wartościach $\pi_{1/2}$, na leży tutaj zwrócić uwagę. Najlepiej omówić ten przypadek na przykładzie. Otóż np. w cynku Zn'', wydzielającym się przy ok. —1,0 V, wykryć zanieczyszczenie w postaci Cd'', Pb'', i Cu'' jest łatwo (ob. tabl.), gdyż potencjał ich wydzielania jest bardziej dodatni, a mała ilość daje małe „fale" (rys. 10). Natomiast wykrycie np. Zn'', Cd'' lub Pb'' w miedzi jest trudniejsze, gdyż duże stężenie jonów miedzi wydzielających się przed tymi jonami daje znaczne natężenie prądu *I* (ogromną „falę"), na którego tle niemożliwe jest wykrycie drobnych ilości redukujących się dalej jonów. Taki przypadek zachodzi właśnie w przypadku polarograficznej analizy miedzi. Nowe polarografy i tę trudność usuwają, kompensując takie prądy przez wbudowanie odpowiedniego urządzenia elektrycznego samoczynnego.

W analizie polarograficznej najczęściej stosuje się metodę porównywania wyników, analogicznie do analizy spektralnej. Polega ona na dodawaniu znanych ilości badanych jonów i odejmowaniu z otrzymanej sumarycznej fali wartości, odpowiadających dodanej próbce. Równie często używana jest metoda kalibrowania kroplowej katody roztworami o znanym stężeniu. Najkorzystniej jest stosować polarograf np. do kontroli produkcji, gdzie stale trzeba wykonywać takie same analizy. I tutaj, analogicznie do spektrografu, pozostaje dokument rejestracji $I = f(E)$, umożliwiający późniejsze sprawdzenie wyników.

Opracowano liczne metody analizy stopów żelaza, niklu, kobaltu, manganu, miedzi, glinu, talu, cyny, cynku, kadmu, magnezu, bizmutu, ołowiu, uranu, chromu, wanadu, molibdenu, wolframu, analizy szkła, analizy wody, anionów itd.

Inny dział analiz polega nie na określaniu „fali", którą tworzy pewien rodzaj redukującej się substancji, lecz na działaniu obcych ciał na wartość „maksymum" (p. wyżej).



Rys. 12. Przebieg polarometrycznego miareczkowania jonów SO_4'' jonami Pb''.

Okazało się, że dodanie do roztworu ciała powierzchniowo-aktywnego powoduje zmniejszenie wysokości „maksymum". Można w ten sposób mierzyć aktywność takich ciał ze zmiany wysokości „maksymum". Na tej zasadzie np. został zbudowany przyrząd „koagulograf", rejestrujący automatycznie czystość wody wodociągowej itd.

Z powyższego wynika, że zastosowanie polarografu w przemyśle jest już bardzo wielkie i z pewnością jeszcze wzrośnie.

16. Dokładność wyników.

Zależy ona od zachowania stałości temperatury i warunków wypływu rtęci z kapilary i przeciętnie wynosi 1% absolutnej ilości. Ponieważ całkowite ilości badanej substancji są bardzo małe np. ich stężenie jest rzędu $c = 10^{-4}$ mola/litr, oznaczać można tak dokładnie zaledwie ułamki miligramów.

17. Zastosowanie w chemii organicznej.

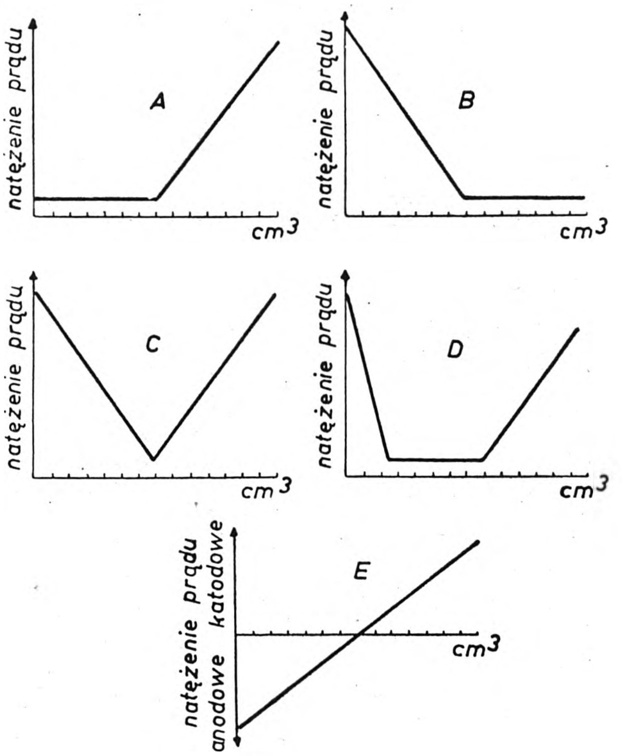
Jak wspomniano wyżej, analiza polarograficzna jest nowym i bardzo skutecznym narzędziem. Rozpatrzmy przykład: przy badaniu procesów utleniania gazowego butanu powstają liczne produkty, które mają podobne własności. Do tego normalna analiza (szczególnie gdy do dyspozycji są próbki gazowe o objętości kilku cm^3) jest niemożliwa. Metodą polarograficzną można taką analizę zrobić, a mianowicie można w tym przypadku wykryć i ilościowo oznaczyć poszczególne składniki w powstałej skutkiem utlenienia mieszaninie: aldehydu mrówkowego HCHO, octowego CH_3CHO, nadtlenku etylowego $C_2H_5OOC_2H_5$ i nadtlenku wodoru H_2O_2 (rys. 11). Korzystając z tych wyników, można analogicznie dobrze badać stopień utlenienia olejów transformatorowych, smarów itp., oznaczać ślady substancyj zanieczyszczających itd.

18. Miareczkowanie polarometryczne (amperometryczne).

Ostatnio coraz większe wzięcie uzyskało stosowanie kroplowej elektrody (a również i platynowej mikroelektrody rotacyjnej) do miareczkowania, w którym wskaźni-

kiem przebiegu procesów jest elektroda kroplowa. Jest to miareczkowanie polarometryczne. Wykonać je można, stosując prosty model polarografu bez automatycznego rejestrowanie krzywych (rys. 9). W braku tegoż można, mając do dyspozycji galwanometr odpowiedniej czułości, zestawić sobie takie urządzenie w myśl schematu, podanego na rys. 1.

Uprzednio trzeba oznaczyć potencjał, przy którym proces miareczkowania przebiega najlepiej, i przeprowadzać miareczkowanie, obserwując galwanometr, który po przekroczeniu punktu równoważnikowego wykaże obecność nadmiaru jonów, którymi wykonywane jest miareczkowanie. Np. miareczkowanie jonu SO_4'' (Na_2SO_4) jonem $Pb^{\cdot\cdot}$ ($Pb(NO_3)_2$) najlepiej wykonać przy potencjale —0,9 V. Wtedy, póki nie ma nadmiaru jonów $Pb^{\cdot\cdot}$ wytwarza się nierozpuszczalny $PbSO_4$, dopiero nadmiar jonów Pb da „falę" i galwanometr się wychyli. Koniec miareczkowania obliczamy z przecięcia krzywej z osią odciętych (rys. 12).



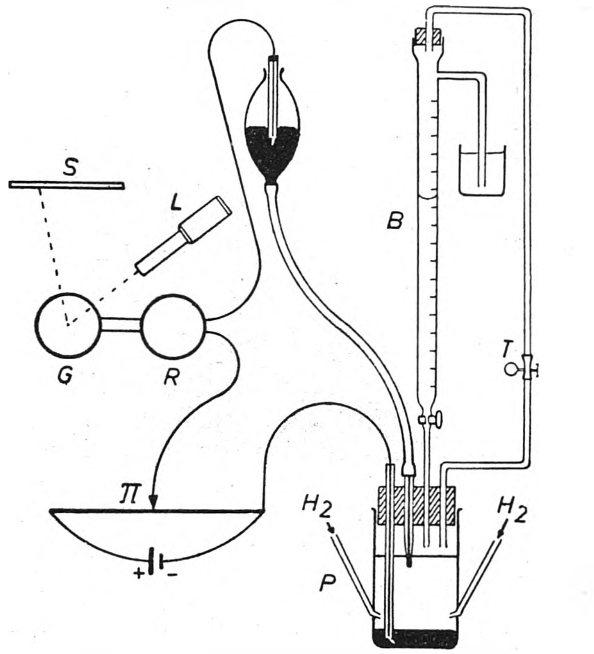
Rys. 13. Różne przebiegi polarometrycznego miareczkowania: **A** i **B** — redukuje się jeden składnik; **C**, **D** i **E** — redukują się oba składniki.

W zależności od tego, czy tylko jedna substancja ulega redukcji, czy obydwie, polarometryczne miareczkowanie przebiega w myśl rys. 13.

W przypadku, gdy roztwór ma być uprzednio pozbawiony tlenu, przez biuretę i naczyńko elektrolityczne (rys. 14) przepuszczamy gazowy wodór.

19. Wnioski.

Dla elektryków polarograf jest podwójnie ciekawy: 1) jako aparat pomocniczy do różnorodnych analiz w prze-



Rys. 14. Schemat aparatury do badań polarometrycznych w atmosferze wodoru.

myśle elektrotechnicznym i energetyce, np. do analizy różnorodnych stopów, w szczególności do wykrywania i oznaczania w nich małych ilości ciał zanieczyszczających; do badania zawartości ciał mineralnych w wodzie kotłowej; w ogóle do badania wody, szkła i porcelany; do badania olejów smarowych i transformatorowych na obecność produktów utleniania; w analizie półproduktów, służących do wyrobu materiałów syntetycznych itp.; 2) jako przyrząd, którego budowa wymaga rozwiązania pewnych trudności konstrukcyjnych w związku z przenoszeniem prądu na ruchome części. Problem ten jest rozwiązywany przez różne fabryki w różny, mniej lub więcej drogi i dowcipny sposób. Różne dodatkowe urządzenia, ułatwiające i automatyzujące liczne czynności analityka, stanowią o zaletach aparatu i zakresie jego stosowalności. Mamy duże pole do dalszej wynalazczości i udoskonaleń we wspólnej pracy chemika i elektryka.

20. Piśmiennictwo.

Monografie obszerne: a) Heyrovsky J. Polarographie, 514 str. Wien, 1941, Springer. b) Kolthoff J. M. i Lingane J. J. Polarography. 510 str. New York. Interscience Publishers. 1945. Mały podręcznik do wykonywania technicznych analiz: Hohn H. Chemische Analyse mit dem Polarographen. Po polsku: Kemula W. Badania polarograficzne przy pomocy kroplowej elektrody rtęciowej. „Kosmos", Seria B. 1931, 333—367 str. Lwów.

PRZEGLĄD CZASOPISM

GOSPODARKA ENERGETYCZNA w SZWAJCARII

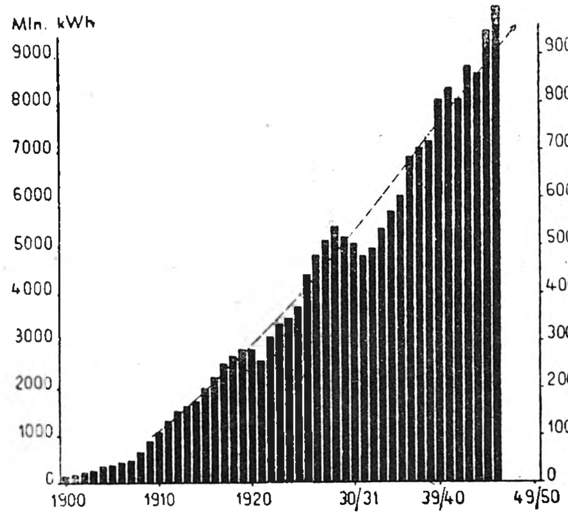
H. Niesz. Schweizerische Energiewirtschaft. Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (1946, rocznik 37, nr 23, str. 667—677).

Rozwój zaopatrzenia kraju w energię elektryczną. Rys. 1 podaje roczną wytwórczość energii elektrycznej od 1900 r. we wszystkich elektrowniach szwajcarskich, to znaczy spożycie do wszystkich celów łącznie ze stratami przesyłu i zużyciem energii na pompowanie. W okresie wojny wytwórczość roczna wzrosła z 8 na 10 mlrd. kWh.

Na rys. 2a i 2b podano miesięczne zapotrzebowanie energii w latach wojny z zakładów ogólnego zaopatrzenia (to znaczy całe zapotrzebowanie kraju łącznie z przemysłem i trakcją, lecz bez zapotrzebowania, które koleje państwowe i przemysł pokrywają z własnych elektrowni).

Rys. 2a dotyczy tzw. energii normalnej, obejmującej zapotrzebowanie trzech głównych gałęzi zbytu, które powinny być zaspokojone bez względu na warunki hydrograficzne, a mianowicie: a) gospodarstwa domowego i rzemiosła, b) przemysłu łącznie z elektrochemicznym i elektrotermicznym, c) trakcji. Białe pola oznaczone literą **E** podają zapotrzebowanie niezaspokojone wskutek zastosowania urzędowych ograniczeń. Z wykresów widać różnicę w zaopatrzeniu energii zimą (W) a latem (S). Spożycie do gospodarstwa domowego i rzemiosła wzrosło w okresie wojny więcej

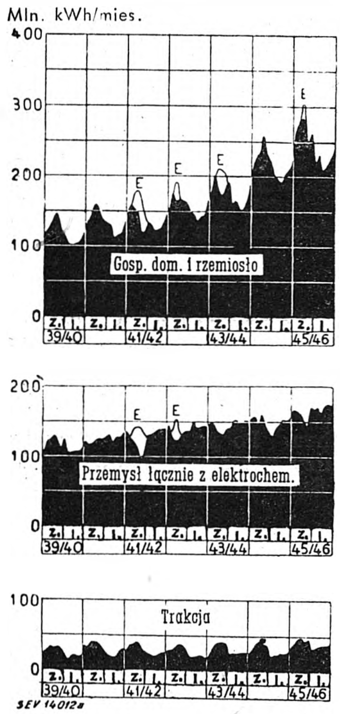
niż dwukrotnie. Spożycie (tylko z zakładów ogólnego zaopatrzenia) wzrosło w tym samym okresie: w przemyśle o 60%, dla trakcji o 50%.



Rys. 1. Wytwórczość roczna energii elektrycznej w Szwajcarii.

Rys. 2b dotyczy tzw. energii niestałej, obejmującej zapotrzebowanie, które powinno być zaspakajane w zasadzie jedynie w miarę możliwości. Należą tu dwa główne rodzaje odbioru: a) kotły elektryczne i b) eksport za granicę. Tym odbiorcom odmawia się energii przede wszystkim zimą. Eksport malał w okresie wojny nawet i w sezonach letnich ze względu na brak energii dla potrzeb krajowych. Z wykresu widać, jak znacznie wzrosło podczas wojny zużycie energii elektrycznej do kotłów w okresach letnich, oczywiście z powodu braku węgla.

Wzamian za eksportowaną energię elektryczną Szwajcaria otrzymuje przede wszystkim tak potrzebny jej węgiel, przy



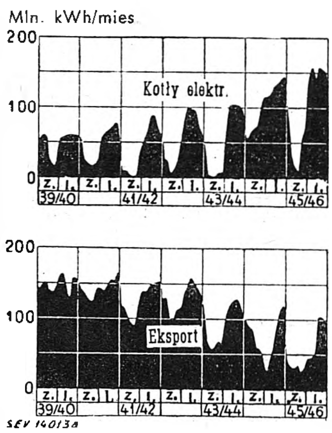
Rys. 2a i 2b. Miesięczne zapotrzebowanie energii w latach wojny z zakładów ogólnego zaopatrzenia.

Z lewej strony:

Rys. 2a. Energia normalna. E — ograniczenia.

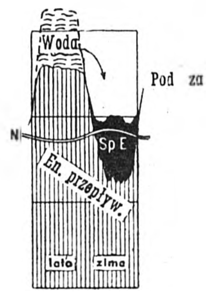
Z prawej strony:

Rys. 2b. Energia niestała.



czym za 1 kWh żądą conajmniej dwa razy tyle węgla, ile by go sobie zaoszczędziła przez zużycie tej kilowatogodziny w kotle elektrycznym.

Na rys. 3 górna figura ilustruje schematycznie gospodarkę energią wodną w ciągu roku — latem (So) i zimą (Wi). Pole, zakreskowane pionowymi ciągłymi liniami, podaje energię przepływową, dostarczoną odbiorcom. Letni nadmiar wody (pole, zakreskowane poziomymi przerywanymi liniami) kieruje się do zbiorników i zużywa się na pokrycie zapotrzebowania w ciągu zimy (czarne pole, Sp. E). Krzywa *N* podaje krajowe zapotrzebowanie energii normalnej. Jedynie pole powyżej tej krzywej (kreskowane pionowo i czarne) jest do dyspozycji jako energia niestała.

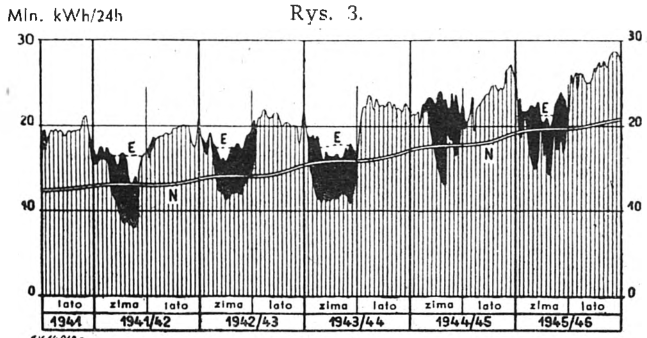


U góry:
Przebieg podaży i popytu w ciągu roku.

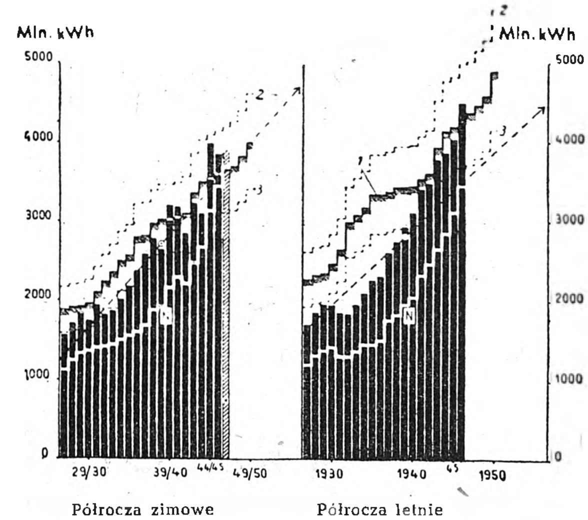
U dołu:
Wytwórczość zakładów ogólnego zaopatrzenia od 1941 r. do lata 1946 r. włącznie.

N Zapotrzebow. energii normalnej
Sp. E. Energia zbiornikowa
E Ograniczenia

Rys. 3.



Dolna figura na rys. 3 pokazuje, jaki silny spadek energii przepływowej występuje zimą w rzekach szwajcarskich oraz w jakim stopniu zapotrzebowanie „energii normalnej" (pole poniżej linii N) było pokrywane zimą w latach wojny energią przepływową przy pomocy energii zbiornikowej. Pole powyżej linii N daje obraz dostawy „energii niestałej" zarówno przepływowej, jak i zbiornikowej. Podane jest również (jako białe pole E) zapotrzebowanie niezaspokojone dla braku energii. Ceny energii zimowej są wyższe niż letniej, ponieważ koszt energii zbiornikowej jest znacznie wyższy niż koszt energii przepływowej. Wyższa cena hamuje spożycie energii zimą. Spożycie energii „normalnej" wzrastało w okresie wojny średnio po 13% rocznie.



Rys. 4. Możliwości wytwórcze w półroczu zimowym i letnim zakładów zaopatrzenia ogólnego oraz zużycie energii N — energia normalna, 1 — możliwości wytwórcze przy średnim stanie wody, 2 i 3 — największe i najmniejsze możliwości wytwórcze.

Zużycie energii i możliwości wytwórcze elektrowni. Czarne słupki na rys. 4 podają przebieg spożycia energii od 1926 r. z podziałem (linia N) na „normalną" i „niestałą", osobno w półroczach zimowych i letnich.

Słupek zakreskowany przedstawia przewidywane przez autora zużycie energii w ciągu zimy 1946/47 r.

W przeciwieństwie do przewidywanego na okres powojenny bezrobocia jesteśmy świadkiem dobrej konjunktury gospodarczej, która może potrwać jeszcze parę lat i spowodować dalszy głód energii. Podwyższone zarobki i brak sił roboczych przyczyniają się bardzo do rozwoju elektryfikacji w gospodarstwie domowym i rzemiośle. Taryfy dla energii „normalnej" nie zostały podwyższone; daje to elektryczności w porównaniu z opałem stanowisko uprzywilejowane, które prawdopodobnie powoli i tylko częściowo osłabnie.

Co do energii niestałej, to przemysł na nią liczy w dużych ilościach, po niskich cenach i to nie tylko w lecie, ale i w zimie. Również eksport energii musi być przywrócony, gdyż od niego zależy zaopatrzenie gospodarki szwajcarskiej w węgiel.

Obok tych czynników, sprzyjających rozwojowi produkcji energii elektrycznej, należy pamiętać i o czynnikach przeciwdziałających, jak np. stała poprawa w zaopatrzeniu kraju w paliwo oraz możliwość kryzysu gospodarczego po okresie dobrej konjunktury. Wprawdzie główne odbiory energii, gospodarstwo domowe i rzemiosło, wykazują godną uwagi odporność na kryzys. Poza tym kotły elektryczne stanowią cenną rezerwę zbytu, są one bowiem dzisiaj tak rozpowszechnione, że umożliwiają spożycie poważnych ilości energii, gdy ceny jej ulegną obniżce. Ale znów byłoby lekkomyślnością nie pomyśleć o niebezpieczeństwach natury politycznej i militarnej, które mogą obrócić w niwecz przewidywania dobrego rozwoju. Wszystko to nakłada na zakłady energetyczne obowiązek traktowania sprawy zaopatrzenia Szwajcarii w energię elektryczną z całą pieczołowitością i przedsiębiorczością.

Linia schodkowa *1* na rys. 4 przedstawia możliwości produkcyjne przy średnim stanie wody. W odstępie 15% nad nią i pod nią przebiegają linie 2 i 3, odpowiadające możliwościom produkcyjnym — największej i najmniejszej.

Z porównania przebiegu produkcji i zużycia energii wynika, że produkcja wzrasta o wiele wolniej, niż popyt. Doszło do tego, że według szacowań urzędowych zużycie energii na eksport i do kotłów elektrycznych będzie musiało ulec w ciągu zimy 1946/47 poważnemu ograniczeniu, co przy fatalnym stanie zaopatrzenia Szwajcarii w węgiel jest specjalnie godne pożałowania. Doszło do tego, że w wypadku „suchej" zimy zabraknie 500 milionów kWh na pokrycie energii normalnej. Powyżej linii N położenie jest jeszcze gorsze: niestała energia będzie mogła być dostarczona tylko w razie zimy obfitującej w wodę.

Co do półrocza letniego, to sytuacja mało się poprawiła od r. 1942. Będące w budowie elektrownie zaspokoją przewidywany wzrost zapotrzebowania, lecz w wypadku suchego lata należy się liczyć ze znaczną redukcją energii na eksport i do kotłów elektrycznych.

Wnioski końcowe brzmią: by zaradzić dzisiejszemu niedoborowi wytwórczości potrzebne są duże zakłady o poważnych możliwościach gromadzenia energii. Biorąc pod uwagę dalszy wzrost zapotrzebowania energii w czasie długiego okresu budowy zapór w okolicach górzystych, należy niezwłocznie przystąpić do budowy elektrowni o możliwościach wytwórczych ponad 1 000 milionów kWh, z czego na produkcję w półroczu zimowym musi przypadać 700 do 800 milionów kWh i to przeważnie energii zbiornikowej.

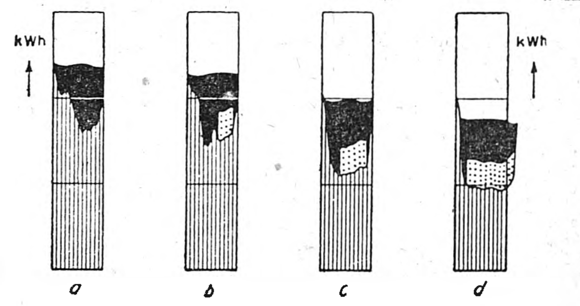
Siłownie cieplne w szwajcarskiej gospodarce energetycznej. Wiadomość, że jedno z największych szwajcarskich przedsiębiorstw energetycznych zdecydowało budowę siłowni cieplnej, wzbudziła niemałe zdziwienie. Niewtajemniczeni uważali ten pozorny odwrót od białego węgla za absurd, nie rozumieli, jak można dzisiaj pójść na drogę wytwarzania energii przy pomocy drogiego paliwa, pochodzącego z importu, gdy rodzime źródła energii są niewykorzystane.

A jednak siłownia parowa jest na terenie Szwajcarii równie stara jak wodna. Moc zainstalowana w maszynach cieplnych, która przed 30 laty wynosiła 10% mocy wszystkich zakładów, wynosi w ciągu ostatnich 20 lat około 6%. Znaczy to, że siłownie cieplne rozwijały się również obok wodnych. Łączna wytwórczość elektrowni cieplnych pozostawała poniżej 20 mln. kWh w ciągu zimy, a roczny okres użytkowania poniżej 150 h.

Nową siłownię budują w Beznau Nordostschweizerische Kraftwerke według projektu prof. B. Bauera. Będą ustawione dwie jednostki o mocy 27 000 i 13 000 kW. Koszty budowy mają wynieść ok. 16 milionów fr. szwajc. Siłownia jest przewidziana na napęd ropą, dostarczaną z początku koleją, później drogą wodną.

W ogólnych ramach szwajcarskiej gospodarki energetycznej wytwarzanie energii elektrycznej na drodze cieplnej sprowadza się do czterech przypadków: 1) jako rezerwa mocy i energii w razie zakłóceń w ruchu, 2) do krótkotrwałego pokrywania szczytów, 3) do szybkiego wzmożenia wytwórczości w przypadkach, jak obecnie, kiedy rozbudowa siłowni wodnych nie nadąża za wzrostem popytu na energię, 4) do uzupełnienia produkcji zakładów wodnych w okresie niskiego stanu wód.

Ten ostatni przypadek zasługuje na bliższą uwagę. Rys. 5 przedstawia współpracę zakładów cieplnych z wodnymi — przepływowymi i zbiornikowymi — dla kilku charakterystycznych przypadków od zimy obfitującej w wodę do zimy bardzo suchej.

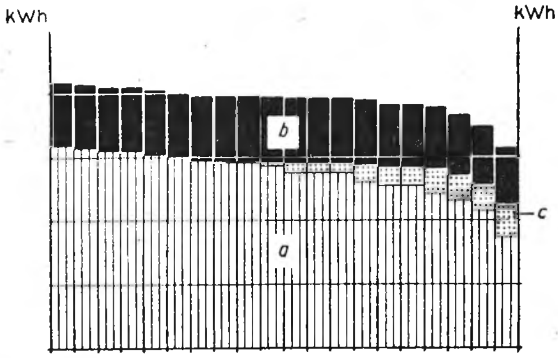


Rys. 5. Współdziałanie zakładów cieplnych z gospodarką zespołową zakładów wodnych, przepływowych i zbiornikowych, w okresie zimowym.
a zima obfita w wodę; **b** zima średnia; **c** zima sucha; **d** zima wyjątkowo sucha.
Pole zakreskowane: energia przepływowa,
„ czarne: energia zbiornikowa,
„ kropkowane: energia cieplna.

Jako zasadę uważa się, że produkcji na drodze cieplnej nie uruchamia się, póki istnieją możliwości zasilania prądem kotłów elektrycznych, które każdej chwili można wyłączyć i zastąpić kotłami węglowymi. W zimie obfitującej w wodę uruchomienie siłowni cieplnej w ogóle nie wchodzi w rachubę. W ciągu zimy o średniej wodzie można się liczyć z ruchem w ciągu jakichś 1 200 godzin. W suchą zimę naogół przed grudniem nie uruchamia się siłowni cieplnych, ponieważ do tego czasu sytuacja naogół nie jest dostatecznie wyraźna. Czas użytkowania szczytu może osiągnąć 2 500 godzin. W rzadkich wypadkach wyjątkowo suchej zimy zakłady cieplne uruchamia się wcześnie, pozostają one w ruchu, póki niedobór nie będzie wyrównany. Czas użytkowania szczytu może dojść do 3 500 h.

Jeżeli elektrowni cieplnej wypada przejąć np. 40% dziennej produkcji zakładów wodnych zbiornikowych, to moc tej elektrowni nie potrzebuje wynosić 40%, lecz może mieć np. 25% mocy zakładów zbiornikowych, gdyż elektrowni cieplnej przydziela się 24-godzinną podstawę, zakłady zaś zbiornikowe pokryją resztę zapotrzebowania ze szczytami. Byłoby rzeczą nierozsądną z nastaniem zimy, po odłączeniu kotłów elektrycznych, najpierw opróżniać zbiorniki, a potem dopiero uruchamiać elektrownie cieplne i pędzić je do pierwszych roztopów. Wtedy wprawdzie zbiorniki byłyby wyzyskane do ostatniej kropli wody, lecz podwójna instalacja wodna i cieplna na pełną moc byłaby zbyt nieekonomiczna. Elektrownia cieplna o mocy zainstalowanej, wynoszącej $^1/_4$ lub $^1/_5$ mocy zakładów zbiornikowych, może przy umiejętnym dobraniu chwili uruchomienia jej i zatrzymania dać znacznie korzystniejszy wynik gospodarczy. Utrzymanie równowagi między wytwórczością a zapotrzebowaniem energii jest przy pomocy zakładów cieplnych właściwsze, niż przy pomocy urzędowych ograniczeń spożycia. Przy stosowaniu ograniczeń również można się omylić, wprowadzając je bądź za wcześnie, bądź za późno niżby należało to uczynić dla osiągnięcia najlepszego wyniku.

Rys. 6 ilustruje, w jaki sposób Szwajcaria podnosi wartość energii przepływowej swych rzek przy pomocy zakładów cieplnych. Dla ostatnich 19 półroczy zimowych, uszeregowanych w kolejności od zimy najobfitszej w wodę do najuboższej w wodę z dodaniem (ostatni słupek z prawej strony) półrocza 1920/21 roku, kiedy zima była wyjątkowo sucha, podano obraz współdziałania energii przepływowej, zbiornikowej i cieplnej. Ubytek w suche zimy energii przepływowej jest wprawdzie niezupełnie, lecz w znacznym stopniu wynagrodzony przez zakłady cieplne. Energia zbiornikowa jest stale jednakowa, gdyż zbiorniki na początek zimy bywają napełnione wodą.



Rys. 6. Uszlachetnienie energii przepływowej przy pomocy energii cieplnej przy zespołowej pracy zakładów przepływowych i zbiornikowych (20 półroczy zimowych).
a — energia przepływowa; b — energia zbiornikowa; c — energia cieplna.

Należy podkreślić, że włączenie energii cieplnej do ogólnej gospodarki wodnej bynajmniej nie oznacza tylko wytworzenia pewnej liczby drogich kilowatogodzin dla wypełnienia luk produkcyjnych. Celem tej współpracy jest niejako podwyższenie stałości, a więc jakości mocy przepływowej oraz pełniejsze wykorzystanie zasobów zbiornikowych.

Racjonalna gospodarka energetyczna białym węglem i paliwem wymaga skoordynowania tych dwu źródeł energii nie tylko przy wytwarzaniu energii elektrycznej, lecz i przy pokrywaniu zapotrzebowania ciepła do celów grzejnych. Wytwarzanie ciepła grzejnego należy stopniowo przerzucać z energii elektrycznej na paliwo, gdzie tylko jest to technicznie możliwe. Gdy możliwości wytwórcze elektrowni wodnych nie wystarczają na zasilanie kotłów elektrycznych, należy uruchamiać przemysłowe turbiny przeciwprężne, wykorzystując ich możliwości produkcyjne w całej pełni z oddawaniem energii elektrycznej do sieci. Następnie przychodzi kolej na uruchamianie silników dyzlowskich zarówno w elektrowniach, jak i w przemyśle przede wszystkim w godzinach szczytów codziennych. Następnie należy do ogrzewania pomieszczeń zastępować elektryczność opałem, potem wprowadzać ograniczenia eksportu energii elektrycznej, dalej uruchamiać turbiny gazowe, zastępować ruch pomp cieplnych zastosowaniem paliwa, wreszcie uruchamiać siłownie z turbinami kondensacyjnymi.

Ustrój polityczny Szwajcarii daje duże uprawnienia autonomiczne gminom i suwerenność kantonom. Uprawnienia te dotyczą również prawa wodnego i gospodarki energetycznej, na czym z natury rzeczy cierpi gospodarka ogólnokrajowa, której zakres działania dawno przekroczył granice poszczególnych kantonów. Uważa się za konieczne usunięcie tych trudności na drodze ustawodawstwa ogólnopaństwowego.

A. Demb.

UZIEMIENIE PUNKTU ZEROWEGO SIECI BARDZO WYSOKIEGO NAPIĘCIA

Ing. J. Tvaruzek. Uzemneni stredniho bodu siti vvn. Elektrotechnicky Obzor (1946, Nr 9—12. str. 167—171).

Opinia Elektrowni Wschodnio-Morawskich (VME) przechyla się na korzyść bezpośredniego uziemiania punktu zerowego w ich sieci 100 kV o długości 135 km. W sieci tej w ciągu 10 lat była tylko jedna dłuższa przerwa w zasilaniu. Uważają tam, że ruch z cewkami Petersena dałby zbyt małe korzyści w stosunku do kosztów przeróbki sieci.

Za to Elektrownie Środkowe (UE) chwalą ruch z cewkami gasikowymi, gdyż pozwalają one na pracę z jednofazowym uziemieniem, co stanowiło prawie 82% wszystkich wypadków na sieci 100 kV w ciągu prawie 20 lat (ogółem 151 wypadków).

Decyzja na korzyść urządzeń gasikowych lub przeciwko nim zależy od tego, które niedomagania chcemy usunąć, a więc: 1) czy uniknąć przerw w dostawie energii dla ważnych odbiorców; 2) czy uniknąć uszkodzenia przewodów i izolatorów podczas zwarć, gdyż naprawy są kosztowne i w ruchu uciążliwe; 3) czy utrzymać stateczność sieci.

Z wyjątkiem zwarć wielofazowych i zwarć z ziemią w sieciach z uziemionym punktem zerowym, które muszą być wyłączane, trzeba stosować cewkę Petersena do kompensacji jednofazowych uziemień, gdyż krótkotrwałe zwarcia same miną, a w razie dłuższych zwarć z ziemią jest dostateczny czas na ustalenie i wyeliminowanie ich z sieci.

W pozostałych wypadkach ratuje równoległy tor, na który przerzuca się obciążenie, jeżeli nie jest on przeciążony i automatycznie wyłącza, jeżeli nie straci stateczności i jeżeli łuk zwarciowy nie obejmie również sąsiedniego toru. Niezupełne obciążanie torów oraz stosowanie szybkiej ochrony linii i szybkodziałających wyłączników z ponownym włączaniem skraca przerwy do minimum.

Dla uniknięcia szkód w przewodach i izolatorach musi być stosowane szybkie wyłączanie zwarć. Dla utrzymania zaś stateczności sieci i ruchu trzeba posiadać: a) w jednotorowych liniach między elektrowniami wyłączniki szybko wyłączające z ponownym samoczynnym włączaniem; b) w podwójnych torach tylko szybkie wyłączenie; ponownego włączania nie trzeba, jeżeli ruch da się przerzucić na drugi tor; c) w prostych liniach, zasilających tylko odbiorców, — wyłączniki na szybkie wyłączanie i ponowne włączanie.

Sieci kompensowane mają tę zaletę, że chronią od uszkodzeń i przerw, z warunkiem, że stan izolacji ich jest dostatecznnie dobry; w przypadku uszkodzenia jednego lub kilku ogniw łańcucha izolatorowego mogą nastąpić przeskoki na fazach o podniesionym napięciu i wywołać komplikacje ruchowe. Nie wyłącza to jednak rekonstrukcji ochrony sieci dla szybkiego wyłączania zwarć i uniknięcia strat w transformatorach, przewodach i izolatorach.

Ruch kompensowany nie był ideałem i w Niemczech, gdyż stosowano dodatkowo szybkie ponowne włączanie w sieciach średniego napięcia z dobrym skutkiem i namyślano się nad stosowaniem takich urządzeń również dla 100 kV.

By stosować cewki gasikowe niezbędne są następujące przeróbki: a) transformatory, wykonane do ruchu z punktem zerowym uziemionym bezpośrednio, należy przerobić tak, by punkt zerowy był izolowany na pełne napięcie sieci; b) w transformatorach, zbudowanych do ruchu z izolowanym punktem zerowym, lecz ze słabszą izolacją przepustu, należy przerobić ten przepust na pełne napięcie sieci; c) doprowadzić ochronę urządzeń 100 kV do ruchu z cewką gasikową i z szybkim wyłączeniem zwarć; d) wszystkie uszkodzone izolatory na linii 100 kV wymienić.

W urządzeniach z pełnym uziemieniem przewodu zerowego i ponownym włączaniem dałoby się utrzymać ruch w wypadkach o charakterze przejściowym jedno- lub wielofazowym z wyjątkiem dłuższych zakłóceń, kiedy dostawa musiałaby być przerwana. Dobrą stroną takiego urządzenia jest wyeliminowanie podwójnych zwarć z ziemią, wadą zaś jest mechaniczne i cieplne naprężenie sieci przez prądy przy każdorazowym zwarciu z ziemią. Szybkie wyłączanie zapobiega naprężeniom cieplnym; naprężenie mechaniczne nie wyrządza szkód przy solidnej budowie sieci.

Ponieważ linie 100 kV najczęściej mają dwa tory i łączą między sobą elektrownie i ważne podstacje, do których dopływa energia z innych elektrowni, linie te muszą być zaopatrzone na obu końcach w wyłączniki z ponownym włączaniem; odcinają one zagrożony odcinek obustronnie na zasadzie wybiorczości. Trzeba kłaść nacisk na to, aby zarówno wyłączanie, jak i włączanie ponowne odbywało się jednocześnie. Jeżeli ten warunek nie będzie spełniony, nie ma gwarancji, że miejsce powstawania łuku będzie w dostatecznym stopniu odjonizowane i nie będzie się włączało ponownie na zwarcie, co wywoła zupełne odcięcie niekoniecznie uszkodzonego odcinka.

Najdogodniejsze, ale i najdroższe jest wiązanie ochrony siecią wysokiej częstotliwości; jednoczesność jest wtedy

gwarantowana. Natomiast ochrona pozorno-oporowa daje takie same wyniki w razie zwarcia pośrodku odcinka; gdy zaś zwarcie przeniesie się ku któremuś końcowi, wyłączniki odcinają stopniowo i okres wyłączania i przerwy przedłuża się, dejonizacja nastąpi, ale jednocześnie stateczność sieci cierpi.

Starsze wyłączniki w sieciach 100-kilowoltowych trudno przebudować na ponowne włączanie, nowsze typy łatwiej dają się przerobić do tego celu. Przy takich przeróbkach trzeba pamiętać, że urządzenie po wyłączeniu powinno być włączone ponownie przed zanikiem stateczności sieci, co zależy od różnych okoliczności, jak np. od oporu pozornego i obciążenia linii sprzęgającej, od wielkości obciążenia, wzbudzenia i bezwładności mas maszyn, od stanu włączonej sieci, od liczby faz zwartych itd.

Jeżeli linia, sprzęgająca elektrownie, jest podwójna lub istnieją inne jeszcze drogi powiązania elektrowni, wtedy warunki równoległej pracy są lepsze, gdyż nawet po odcięciu uszkodzonego połączenia elektrownie w dalszym ciągu utrzymywane są w pracy równoległej linią nieuszkodzoną.

W sieciach prostych stateczność pracy równoległej jest trudniej utrzymać, zwłaszcza przy zwarciu trójfazowym, kiedy siła wiążąca w synchronizmie zanika zupełnie. Gdy przed uszkodzeniem nie płynął w linii żaden prąd lub bardzo mały, niebezpieczeństwo wypadnięcia z synchronizmu jest małe, ponieważ po odcięciu części wadliwej warunki w sieci zmienią się bardzo mało. Im większe obciążenie, tym utrzymanie synchronizmu jest trudniejsze, zwłaszcza gdy w elektrowni pracują maszyny słabe, a energia dopływa do jej sieci zzewnątrz, lub gdy maszyny biegną luzem: maszyny w elektrowni obciążonej starają się przyśpieszyć biegu i, odwrotnie, maszyny elektrowni mało lub wcale nie obciążonej zwalniają biegu, — elektrownie wypadną z synchronizmu bardzo szybko.

Według doświadczeń zdobytych w ruchu okres przerwy w linii należy wybrać tak krótki ,aby i przy małej mocy maszyn na sieci, przy trójfazowym zwarciu na linii prostej i przy nieodpowiednim sposobie obciążenia synchronizm był zagwarantowany. Ponowne włączenie da dobre wyniki w 90% i więcej, jeżeli całkowity okres przerwy jest mniejszy niż 0,3 — 0,4 sek., w najgorszych przypadkach najwyżej 0,5 sek. Jedynie w przypadkach wyjątkowych przy wielokrotnych wyładowaniach atmosferycznych okres ten jest dłuższy i za krótki do dejonizacji. Tu pomogłoby wielokrotne ponowne włączanie, jeżeli stateczność na to pozwoliłaby, ale takie wielokrotne włączanie w literaturze nie jest polecane, a na szczęście wielokrotne wyładowania atmosferyczne są dość rzadkie. Jeżeli warunki stateczności są szczególnie uciążliwe, pomóc sobie można przez wyłączanie i ponowne włączanie poszczególnych faz. Polepszenie nastąpi przy jednofazowych zwarciach z ziemią w sieciach z bezpośrednio uziemionym zerem; w sieciach kompensowanych — nawet przy zwarciach dwufazowych, gdyż tam przy wyłączeniu jednej fazy, a dwu pozostałych włączonych synchronizm utrzyma się. Przy jednofazowym wyłączaniu może płynąć jeszcze prąd przez łuk między fazą odłączaną i ziemią, gdyż ta faza z dwiema innymi jest połączona przez pojemność, ale dejonizacja nastąpi dość szybko w sieciach z bezpośrednio uziemionym zerem, w sieciach zaś kompensowanych warunki są zasadniczo garsze, lecz polepszenie daje się osiągnąć przez przejściowe połączenie wyłączanej fazy z ziemią.

Wyłączanie dotkniętej fazy zaleca się w przypadku linii jednotorowych, gdyż tu można przedłużyć okres wyłączania, w liniach dwutorowych jest to zbyteczne.

Wnioski. Według dotychczasowych badań najwięcej kłopotu sprawiają uszkodzenia transformatorów, przewodów i izolatorów i przerwy w dostawie prądu przy zwarciach. Po wybudowaniu dalszych wielkich elektrowni warunki te jeszcze się pogorszą przez wzrost prądów zwarcia. Wad tych nie da się usunąć za pomocą cewek gasikowych i dlatego zaleca się w sieciach 100-kilowoltowych prowadzenie ruchu w dalszym ciągu z punktem zerowym uziemionym bezpośrednio, ale jednocześnie usprawnienie ochrony sieci, aby zwarcia były odłączane jak najrychlej; jednocześnie należy zaopatrzyć stopniowo w wyłączniki z ponownym włączaniem te linie, które są ważne ze względu na stateczność sieci i na utrzymanie dostawy prądu.

Nie przeszkadza to budowie sieci 100 kV (rozdzielni i transformatorów) tak, aby można było przejść na ruch kompensowany, a nawet zaleca się takie rozwiązanie, które podnosi koszty tylko na transformatory, choć przełączników zaczepów nie trzeba izolować na pełne napięcie. W ogóle obniżenie izolacji w kierunku do punktu zerowego możliwe jest w sieciach z uziemionym bezpośrednio zerem tylko w transformatorach nierezonansowych.

Wprowadzenie włączania jednofazowego natrafi na trudności (przynajmniej w sieciach wybudowanych dotychczas), ponieważ obecnie stosowane wyłączniki ze sprzężonym na stałe ruchem trzech faz nie dadzą się przerobić do tego celu.

W sieciach 220-kilowoltowych ruch z bezpośrednio uziemionym zerem ma jeszcze większe widoki, gdyż w tych sieciach rzadziej odbijają się wpływy atmosferyczne z racji lepszej izolacji i większej odległości między przewodami i do ziemi. Prócz tego można tu zmniejszyć izolację w stosunku do ziemi w linii i w transformatorniach i zaoszczędzić na sieci i urządzeniach ok. 30%, a na izolacji transformatorów ok. 20%.

Pomimo takich zalet niektóre sieci na 220 kV w Niemczech stosują cewki Petersena, aczkolwiek instalacja dwutorowych linii z kompensacją jest więcej skomplikowana, gdyż prócz gasików dla każdego toru trzeba jeszcze cewek wyrównawczych lub ssących, które mają wyrównywać wpływ pojemnościowy obu torów względem siebie, ponieważ dwa równoległe tory nie połączone ze sobą metalicznie wpływają na siebie wskutek sprzężenia pojemnościowego. Jeżeli przy jednofazowym połączeniu z ziemią w sieci z izolowanym punktem zerowym nastąpi przesunięcie tego punktu i w nim powstanie napięcie U_{1-0} względem ziemi, to w sąsiednim torze sprzężonym pojemnościowo w punkcie zerowym powstanie względem ziemi napięcie

$$U_{2-0} = U_{1-0} \frac{C_{1-2}}{C_{1-2} + C_2},$$

a drugi tor zachowuje się tak, jakby i w nim było również połączenie do ziemi (C_{1-2} oznacza pojemność między torami, C_2 oznacza pojemność drugiego toru względem ziemi). Wpływ pojemności torów da się usunąć przez włączenie równoległe cewki gasikowej do pojemności C_{1-2} lub za pomocą cewki ssącej wtrąconej w szereg z gasikami obu torów.

Kwestia prowadzenia ruchu na sieci 220 kV musi być rozwiązana w najbliższym czasie wobec projektów i częściowych zarządzeń zapoczątkowanych za okupacji w Czechach i na Morawach. Sieć, łącząca północno-czeskie zagłębie węglowe z Bawarią i dalszymi terenami Rzeszy, była zaprojektowana do ruchu z gasikami i ssącymi cewkami i prawdopodobnie linia na Morawach, która miała łączyć Górny Śląsk z Wiedniem i austriackimi elektrowniami wodnymi, była przewidziana na podobny ruch.

Wobec powiązania siecią 220 kV różnych krajów sprawa ta musi być wspólnie zdecydowana dla wspólnej wymiany energii.

M. N.

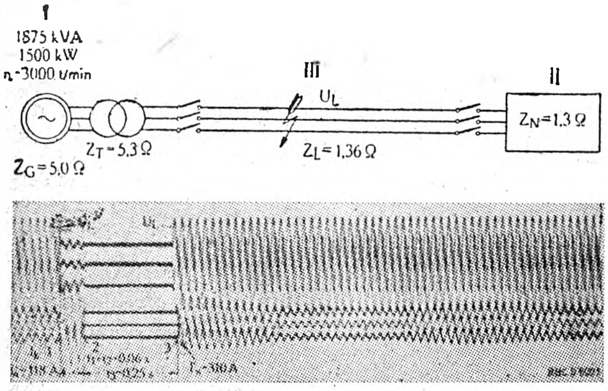
LIKWIDACJA ZWARĆ WYŁĄCZNIKIEM POWIETRZNYM SZYBKODZIAŁAJĄCYM

Dipl.-Ing. Fr. Parschalk. Kurzschlussfortschaltung mit Druckluft-Schnellschaltern. BBC Nachrichten, Mannheim. (1942, tom 29, zesz. 1, str. 1—6).

Zwarcia w sieciach wysokiego i najwyższego napięcia mogą spowodować, przez przerwę albo ograniczenie dostawy energii, wielkie straty gospodarcze. Usiłowania uniknięcia tych przerw wykazały, że przez szybkie wyłączenie zwarcia na linii napowietrznej i następujące potem szybkie włączenie można osiągnąć znaczne korzyści. Praktyczne zastosowanie tego rodzaju zwalczania zakłóceń wymaga, prócz bardzo szybko działających przekaźników, przede wszystkim wyłączników szybkodziałających, a takimi są wyłączniki powietrzne.

Statystyka różnych rodzajów zakłóceń w pewnym obszarze sieci napowietrznych o napięciu 50 do 110 kV wskazuje, że tylko 7% wszystkich zakłóceń ma charakter trwały. Z reszty przypada 72% na zwarcia z ziemią, kompensowane cewkami gasikowymi i 21% na dwu- i trójfazowe zwarcia łukowe, które mogą być likwidowane przez szybkie wyłączenie i ponowne włączenie bez wywołania przerw w dostawie energii.

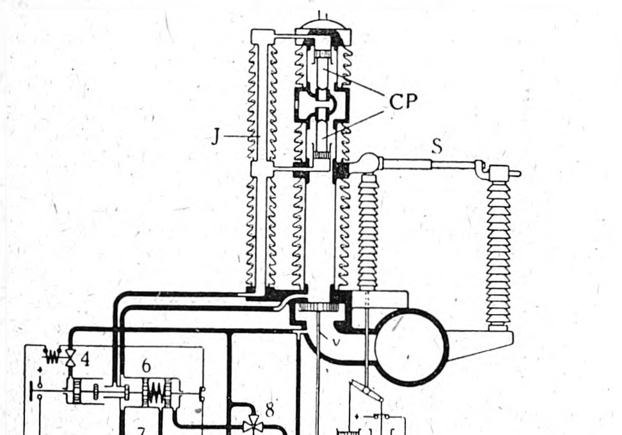
Należało wyjaśnić, jak prędko może nastąpić ponowne włączenie, żeby nie powstało drugie zwarcie, a także zbadać, czy przerwa i ponowne włączenie nie zakłócą stateczności pracy. Pierwsza sprawa jest związana z czasem dejonizacji przestrzeni łukowej w miejscu zwarcia na linii napowietrznej. Próby zwarć między przewodami i zwarć z ziemią poprzez izolatory wykazały, że przy na-



Rys. 1. Oscylogram odłączenia zwarcia łukowego na linii o napięciu 8,8 kV. **I** — generator z transformatorem, **II** — sieć **III** — linia przesyłowa; **1** początek zwarcia, **2** przerwanie zwarcia, **3** ponowne włączenie

pięciu 10 kV czas dejonizacji wynosi w najniekorzystniejszym wypadku około 0,1 sek. Czas ten wzrasta ze wzrostem napięcia roboczego i osiąga przy 150 kV 0,2 do 0,25 sek. Wielkość prądu zwarcia przy małych napięciach prawie nie wywiera wpływu na czas dejonizacji; przy wyższych napięciach jednak czas ten wzrasta dość silnie ze wzrostem prądu.

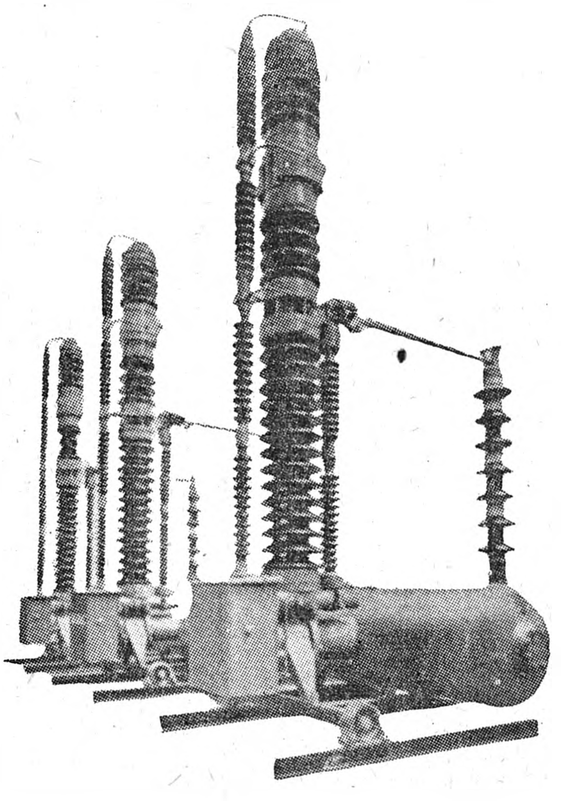
Dla wyjaśnienia drugiej sprawy (stateczności pracy) wykonano próby z turbogeneratorem o mocy 1500 kW. Zespół pracował (rys. 1) na rozległą sieć okręgową. Na obu końcach linii przesyłowej zainstalowano wyłączniki z urzą-



Rys. 2. Układ połączeń wyłącznika powietrznego szybkodziałającego z urządzeniem do likwidacji zwarcia (wykonanie napowietrzne)

dzeniem do szybkiego włączania po natychmiastowym wyłączeniu zwarcia. Zwarcia łukowe były wyłączane po 0,06 sek. Czas od wyłączenia do ponownego włączenia wybrano 0,25 sek. Okazało się, że nawet przy najniekorzystniejszych warunkach przesyłania energii, tj. przy silnie niedowzbudzonym generatorze i jednocześnie całkowicie obciążonej turbinie, praca nie doznała zakłóceń. Dla zmniejszenia prądów wyrównawczych przy ponownym włączaniu należy utrzymać możliwie krótki czas między początkiem zwarcia i ponownym włączeniem . Ponieważ na czas potrzebny do dejonizacji przestrzeni łukowej nie mamy wpływu, ważne jest zmniejszenie czasu własnego przekaźnika i wyłącznika do granic możliwości.

Ten rodzaj zwalczania zakłóceń wymaga, aby, jak to jest przy wyłącznikach powietrznych, niezbędne urządzenia dodatkowe były stosunkowo proste. Na rys. 2 przedstawiono schematycznie biegun takiego wyłącznika powietrznego na 110 kV[1]). Wyłącznik jest włączony, wszystkie zawory zamknięte i obwody sterownicze przerwane. Napęd powietrzny **C** z elektropneumatycznymi zaworami sterującymi **d** i **e** służy do włączania i wyłączania wszystkich biegunów wyłącznika jednocześnie. Urządzenie do ponow-



Rys. 3. Trójbiegunowy wyłącznik powietrzny szybkodziałający na 150 kV z urządzeniem do odłączania zwarć (wykonanie napowietrzne)

nego włączania dla każdego bieguna składa się z rozdzielaczy powietrza **6** i **7** z przynależnymi elektropneumatycznymi zaworami sterującymi **4** i **5**, jak również z kanału powietrznego **J**, utworzonego z izolatorów.

Do wyłącznika należy dalej przekaźnik zabezpieczający **1** i przekaźnik do włączenia ponownego **2** z nastawialnym czasem. Ma on za zadanie utrzymać linię bez napięcia w ciągu wymaganego okresu czasu.

W wypadku zakłócenia pracy działa przekaźnik **1** i zamyka obwód zaworu wyłączającego **3**, który ze swej strony otwiera zawór wydmuchujący **v**. Powietrze napływające ze zbiornika otwiera styki gaszące **CP**, przerywa swoim silnym strumieniem bardzo szybko łuk i opuszcza potem komorę gaszącą specjalnymi otworami. W międzyczasie zamyka się styk sterowany zaworem **v** i daje prąd na przekaźnik **2** do ponownego włączenia. Po czasie nastawionym przekaźnik **2** daje prąd na cewkę zaworu **4** celem ponownego włączenia; zawór otwiera się i wpuszcza powietrze sprężone na lewy tłok rozdzielacza **6**. Sterowany tym tłokiem podwójny zawór zamyka otwór, przez który powietrze upływa do otoczenia, a kieruje powietrze sprężone z nad tłoka **v** przez drugi otwór, obecnie otwarty, ka-

[1]) Por. PE, 1947, z. 3/4, str. 116—118.

nałem J do komory styków gaszących, które natychmiast się zamykają. Jeśli zwarcie na linii znikło przez chwilowe otwarcie styków gaszących, to cały układ wraca do stanu pracy normalnej. Rozdzielacz 6 zamyka swój styk pomocniczy, przez co otwiera się zawór 5, a tłok rozdzielacza 7 przesuwa się. Tłok ten otwiera obwody sterujące zaworów 3 i 4, zamykając przy tym zawór wydmuchujący v i sprowadzając przekaźnik 2 do stanu początkowego.

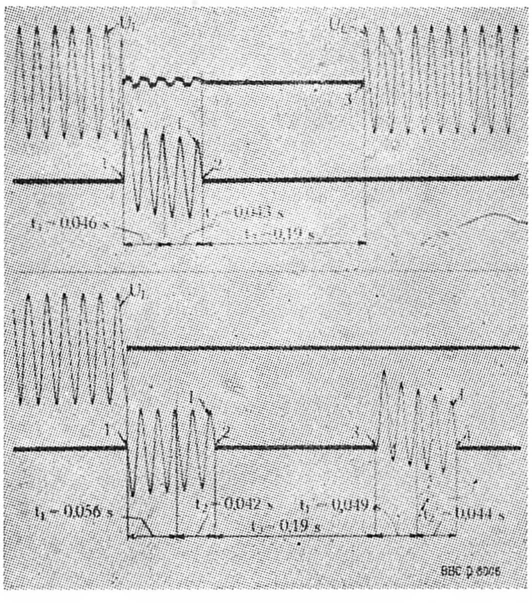
Jeżeli zwarcie, jako np. metaliczne, nie znikło wskutek szybkiego wyłączenia i ponownego włączenia, działa ponownie przekaźnik 1, zamyka swój styk i powoduje przepływ prądu przez cewkę wyłączającą e napędu powietrznego C, przez co wyłącznik ostatecznie otwiera się. Otwierają się przy- tym odłączniki S, czego nie było przy poprzednim wyłączeniu. Zawór 8 przejmuje przy tym czynności zaworu 3 i utrzymuje zawór wydmuchujący w już otwartym położeniu. W tym samym czasie zawór 8 doprowadza powietrze na tłok prawy rozdzielacza 6, podwójny zawór tego rozdzielacza przesuwa się na lewo i odpowietrza kanał J. Włączenie odłącznika S podejmują tłoki, pokazane w rozdzielaczach 6 i 7 z prawej strony. Tłok rozdzielacza 6 doprowadza w określonym położeniu zwolnione przez zawór 8 powietrze poza tłok rozdzielacza 7, który ze swej strony oddziaływa na tłok wyłączający odłącznika S. Po otwarciu odłączników S przekaźniki wracają do stanu spoczynkowego.

Styki, sterowane napędem odłączników i rozdzielaczy 6 i 7, przerywają obwody prądowe cewek zaworów 2 do 5; zawór wydmuchujący znów zamyka się i wyłącznik jest gotów do nowego włączenia.

Szybkie ponowne włączenie po zwarciu może być wykonane więcej niż jeden raz, gdyby to było uznane w ruchu za korzystne. Według dotychczasowych doświadczeń okazuje się jednak, że jednorazowe wyłączenie gaszące z wynikiem ujemnym, a następnie wyłączenie ostateczne najzupełniej wystarcza.

Rys. 3 przedstawia wyłącznik na 150 kV z urządzeniem opisanym powyżej, a rys. 4 oscylogramy zdjęte w czasie prób zwarciowych z tym wyłącznikiem.

Górny oscylogram przedstawia zwarcie łukowe, zlikwidowane stykami gaszącymi, przy czym linia otrzymała na-

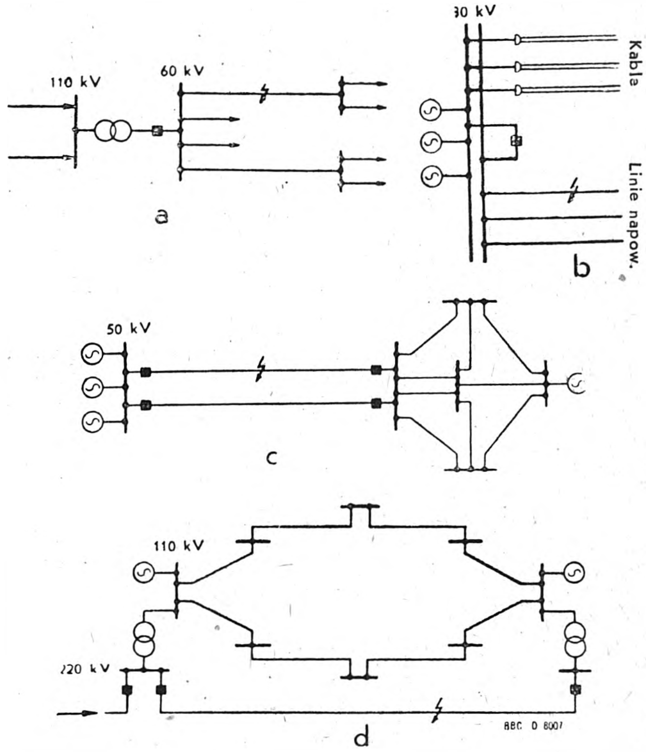


Rys. 4. Oscylogram odłączenia zwarcia wyłącznikiem na 150 kV. U_L napięcie ok. 150 kV w linii napowietrznej, I prąd odłączony około 2 200 A (wart. skut.) 1 początek zwarcia, 2 koniec odłączenia, 3 chwila ponownego włączenia, 4 ostateczny moment przerwania prądu, t_1 i t_1' czas przekaźnika, t_2 i t_2' czas wyłącznika

pięcie po 0,19 sek. Oscylogram dolny przedstawia zwarcie metaliczne, które musiało być dwukrotnie przerywane. Oba oscylogramy pozwalają stwierdzić nadzwyczaj krótki czas wyłączania. Czas ten wynosi od momentu impulsu przekaźnika do przerwania prądu tylko 0,043—0,042 sek.

W wyłącznikach tych zbiorniki powietrza są takich wymiarów, że powietrza nie zabraknie.

Na rys. 5 podane są przykłady sieci, gdzie zastosowano opisane wyżej wyłączniki. Rys. 5-a przedstawia podstację na 110/60 kV, z której odchodzą promieniowo linie napowietrzne na 60 kV. Transformatory 110/60 kV są wyposa-



Rys. 5. Przykłady zastosowania wyłączników do likwidacji zwarć

żone z jednej strony w takie wyłączniki, które likwidują zwarcia całej sieci 60 kV. Jeśli np. zwarcie łukowe powstanie w miejscu oznaczonym strzałką, to likwiduje je się przez natychmiastowe wyłączenie i szybkie ponowne włączenie; dla odbiorców jest to prawie niedostrzegalne. W przypadku zwarcia metalicznego, kiedy chwilowe odłączenie nie pomaga, wyłącza ostatecznie nie wyłącznik transformatora, lecz wyłącznik zwykły uszkodzonej linii. Przy ostatecznym wyłączeniu zapewniona jest więc całkowita wybiorczość. Osięga się to przy pomocy przekaźnika niezależnego wtórnego nadmiarowo-czasowego. Przekaźnik transformatora wyłącza po raz pierwszy w 0,03 sek. od początku zwarcia. Po szybkim włączeniu ponownym przekaźniki sieci i transformatora pracują według czasu nastawienia, tak, że przy zwarciu trwałym wyłącza przekaźnik, leżący najbliżej miejsca uszkodzenia.

Przykład podany na rys. 5-b dotyczy szczególnie sieci średnich napięć. Elektrownia zasila częściowo sieć otwartą kablową, częściowo sieć otwartą napowietrzną. Sposób ponownego włączania na zwarcie nie ma dla sieci kablowych znaczenia, ponieważ nieliczne zwarcia w kablach mają przeważnie charakter zwarć metalicznych. Dla narażonych na uszkodzenia linii napowietrznych można z korzyścią powierzyć ponowne włączanie na zwarcie łącznikowi szyn, przyłączając kable na jeden układ szyn, linie napowietrzne na drugi. Zabezpieczenie to działa w podobny sposób, jak na rys. 5-a.

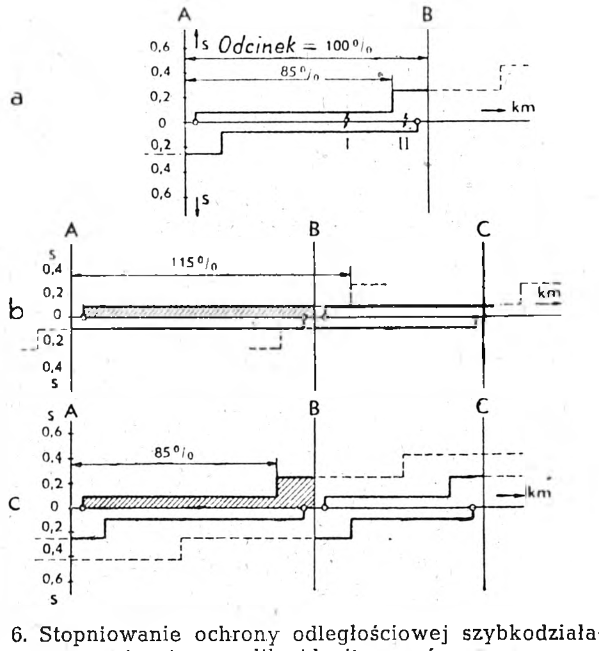
W przykładzie na rys. 5-c przyjęto przypadek, kiedy wielka elektrownia zasila dwoma torami napowietrznymi silnie powiązaną sieć 50-kilowoltową, która jest zasilana prócz tego z elektrowni miejscowej o niewystarczającej mocy, wskutek czego pewność zasilania z wielkiej elektrowni jest szczególnie ważna.

Aby uniknąć przerwy w dostawie energii przy wyłączeniu jednego toru, wyposaża się oba tory w wyłączniki włączające samoczynnie na zwarcie. Ponieważ zwarcie zaznaczone strzałką jest zasilane z dwu stron, należy zainstalować takie wyłączniki na obu końcach obu przewodów. Szczególne wymagania stawiane są w tym wy-

padku przekaźnikom, gdyż muszą one pracować możliwie szybko i z jednakowymi czasami. W wypadku, gdy mamy do rozporządzenia kabel pomocniczy, zadanie jest łatwe do rozwiązania przy pomocy zabezpieczenia różnicowego podłużnego z zastosowaniem przekaźnika odległościowego do opanowania zwarć na szynach zbiorczych. Dla sieci zamkniętych powiązanych na 50 kV wystarcza normalny przekaźnik odległościowy, gdyż w razie przerwy w jednym przewodzie rozgałęziona sieć oczasta zapewni napięcie każdej podstacji.

Na rys. 5-d podano przykład sieci na 110 kV pierścieniowej, zasilanej przez dwie elektrownie i tor napowietrzny na 220 kV. Ponieważ tor 220 kilowoltowy dla gospodarczo korzystnego przenoszenia energii i utrzymania stateczności pracy równoległej powinien pracować możliwie bez przerw, zaopatrzony jest na obu końcach w wyłączniki, włączające na zwarcie.

Godne uwagi jest tu zagadnienie zastosowania najbardziej odpowiednich przekaźników do zabezpieczenia linii 220 kV. Zabezpieczenie różnicowe z kablem pomocniczym odpada z powodu wielkich odległości. To samo zabezpieczenie za pomocą połączenia na wysokiej częstotliwości jest bardzo kosztowne. Najlepszym rozwiązaniem jest tu szybkodziałające zabezpieczenie odległościowe BBC w wykonaniu specjalnym do likwidowania zwarć. Przekaźnik ten posiada charakterystykę wyłączania stopniowaną z pięcioma stopniami czasu, przy czym pierwszy stopień obejmuje odcinek toru długości 85% i posiada bardzo krótki czas wyłączania 0,08 sek.



Rys. 6. Stopniowanie ochrony odległościowej szybkodziałającej przy likwidacji zwarć

Rys. 6-a przedstawia normalne stopniowanie czasu tego przekaźnika dla odcinka A—B. Ponieważ przy włączaniu na zwarcie niezbędne są jednakowe czasy wyłączenia przekaźników na początku i końcu toru, przekaźniki te działałyby dobrze przy normalnym stopniowaniu tylko w wypadku, gdyby miejsce zwarcia było oddalone od końca toru przynajmniej o 15% całej długości, a więc w miejscu I; czasy dla zwarcia w miejscu II byłyby różne.

Wykonanie specjalne zabezpieczenia odległościowego działa tak, że, jak wskazano na rys. 6-b, przy pierwszym wyłączeniu stopień pierwszy obejmuje nie 85%, lecz 115% długości linii. Wtedy każde zwarcie w dowolnym miejscu jest wyłączone dwustronnie po upływie 0,08 sek. Jeśli zwarcie przypadło w części środkowej linii, to wyłączają tylko oba wyłączniki tej linii. Jeśli zwarcie występuje w obrębie 15% długości linii, na początku lub na końcu, to wyłącza również wyłącznik odcinka sąsiedniego. Jest to jednak dopuszczalne i bez znaczenia, gdyż urządzenie ponownego włączania włącza wszystkie otwarte wyłączniki z powrotem. Jeśli zwarcie usunięto, to oba odcinki znów są w ruchu. Jeśli było to zwarcie trwałe, musi być na nowo i już ostatecznie odłączone. Dla tego drugiego wyłączenia przekaźniki przestawiają się samoczynnie według rys. 6-c na ich normalne stopniowanie i wyłączają na zasadach ścisłej wybiorczości jedynie odcinek uszkodzony.

Zaleta szybkodziałającego zabezpieczenia odległościowego do likwidacji zwarć w opisanym wykonaniu polega na nadzwyczaj szybkim działaniu przy pierwszym wyłączeniu i na działaniu wybiorczym przy wyłączeniu ostatecznym. Pozostałe własności tego przekaźnika L. 3., jak rozruch przy obniżonym oporze pozornym, dokładny pomiar odległości nawet przy zwarciach łukowych, objęcie również zwarć w szynach zbiorczych i przystosowalność do warunków sieci, pozwalają stosować ten przekaźnik również w sieciach napowietrznych zamkniętych najwyższego napięcia, nie posiadających wyłączników włączających na zwarcie. Zabezpieczenie przekaźnikami odległościowymi szybko działającymi w połączeniu z wyłącznikami szybko działającymi urzeczywistnia tak pożądane przez kierowników ruchu szybkie likwidowanie zwarć i zapewnia ciągłość dostawy energii.

A. Sław.

GASZENIE ŁUKU W WYŁĄCZNIKU POWIETRZNYM SZYBKODZIAŁAJĄCYM Z JEDNĄ I WIELU PRZERWAMI

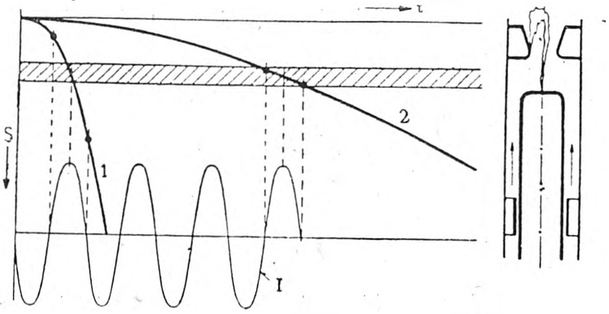
Ing. H. Thommen Die Lichtbogenlöschung im Druckluftschnellschalter bei Ein- und Mehrfachunterbrechung. BBC Nachrichten, Mannheim (1943, tom 30, zesz. 3, str. 68-70).

Dwa główne wymagania, stawiane nowoczesnym wyłącznikom wysokiego napięcia — krótki czas wyłączania i pewność działania zarówno pod względem elektrycznym, jak i mechanicznym — dadzą się urzeczywistnić całkowicie przez zastosowanie styków drążonych, przedmuchiwanych powietrzem sprężonym, jeżeli wyłącznik jest racjonalnie zbudowany.

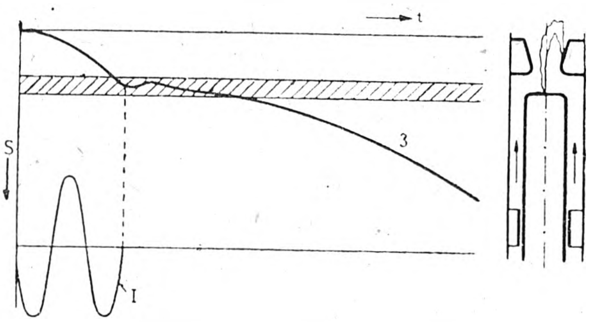
Zdolność odłączalna styków drążonych zależy nie tylko od średnicy dyszy i ciśnienia powietrza, ale również — i to w znacznym stopniu — od skoku styku ruchomego. Moc odłączalna wzrasta ze wzrostem skoku do pewnej granicy, po czym szybko maleje. Skok, przy którym osiąga się największą moc odłączalną, jest stosunkowo mały i nie wystarcza do utrzymania potrzebnej wytrzymałości na przebicie w otwartym wyłączniku, gdy ustanie dmuchanie powietrza. W pewnych rodzajach wyłączników trzeba z tego powodu dawać skok większy, niż to potrzebne jest do zgaszenia łuku. Przy tym jest zupełnie niewłaściwy ruch jednostajnie przyśpieszony, jak to stosuje się w innych rodzajach wyłączników. Przy wielkich prędkościach styk przebiega strefę gaszenia tak szybko, że już jest poza nią w chwili właściwej do gaszenia, tj. gdy prąd przechodzi przez wartość zero (rys. 1a, krzywa 1). Małe znów prędkości styku prowadzą do niedopuszczalnie długiego czasu palenia się łuku (rys. 1a, krzywa 2). Polepszenie daje charakterystyka stopniowana (rys. 1b, krzywa 3). Styk wchodzi do strefy gaszenia stosunkowo szybko i tu jest przytrzymany za pomocą specjalnych urządzeń hamujących przez kilka półokresów. Takim urządzeniom hamującym stawia się bardzo wielkie wymagania; muszą one przede wszystkim dokładnie pracować przy wszelkich możliwych temperaturach. Zupełnie pewne rozwiązanie stosuje się od wielu lat w wyłączniku powietrznym szybkodziałającym BBC. Wyłączanie podzielono na styk gaszący i odłączający (rys. 1c). Drogę styku gaszącego ograniczono przymusowo tak, że jest zachowana najkorzystniejsza strefa gaszenia. Natomiast otwarty nóż odłącznikowy przedstawia widoczną i niemożliwą do przebicia strefę izolacyjną przy otwartym wyłączniku. Układ taki ma jeszcze tę korzyść, że masa ruchoma styku gaszącego jest nieznaczna, a więc strefa gaszenia osiągana jest przez styk w najkrótszym czasie, co równoznaczne jest z bardzo krótkim trwaniem łuku.

Zupełnie szczególne znaczenie posiada wymieniony podział ról w wyłącznikach najwyższych napięć. W tych wyłącznikach przez zastosowanie przerwy wielokrotnej ze sterowaniem potencjalnym udało się jeszcze dalej zmniejszyć masę i skok poszczególnych styków gaszących. Zapewniono tą drogą całkowite wykorzystanie wszystkich zalet gaszenia powietrzem sprężonym również dla napięć najwyższych.

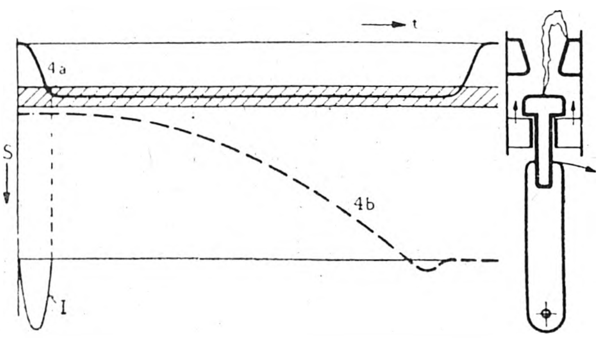
Tysiące przeprowadzonych prób pozwalają dziś ocenić zdolność gaszącą styków drążonych, przedmuchiwanych powietrzem sprężonym, i to w rozległych granicach (rys. 2). Moc odłączalna wzrasta stosunkowo szybko ze wzrostem



Rys. 1 a. Krzywa 1 pokazuje, że przy zbyt szybkim ruchu styku gaszącego styk ten przy przejściu prądu przez zero znajduje się już poza obrębem strefy gaszenia, natomiast przy wolnym ruchu styku (krzywa 2) warunki gaszenia przy przejściu prądu przez zero są jeszcze pomyślne, lecz dzieje się to kosztem długiego trwania łuku.



Rys. 1 b. Jest to przypadek bardzo nierównomiernego ruchu styku. Uniknięto wad wymienionych pod rys. 1a, lecz konstrukcyjne rozwiązanie nastręcza tu dużo trudności.

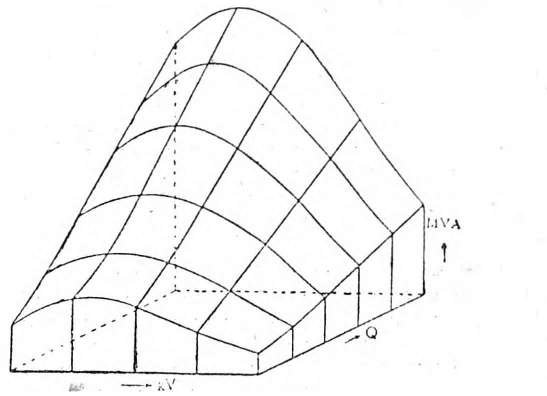


Rys. 1 c. Wskutek oddzielenia ruchu styku gaszącego (krzywa 4a) od ruchu styku odłączającego (krzywa 4b) oba styki pracują w najlepszych warunkach.

Rys. 1 (a-b-c). Wpływ ruchu styku gaszącego na zdolności gaszące i trwanie łuku. Pas zakreskowany: najkorzystniejsza strefa gaszenia. *t* czas, *S* droga styku, *I* natężenie prądu.

przekroju styku (Q). Godny uwagi jest fakt, że działanie skuteczne takich styków osiąga najlepsze wyniki w całkiem określonym obszarze napięć. Ta doświadczalnie stwierdzona cecha może być udowodniona teoretycznie.

Aby otrzymać wyłącznik z najlepszym wykorzystaniem powietrza gaszącego, niezbędne jest włączenie szeregowo kilku przerw gaszących, które pracują w wyżej wymienionym najkorzystniejszym obszarze napięć. Udało się to osiągnąć doskonale dla najwyższych napięć przez wprowadzenie przerwy wielokrotnej o sterowanym potencjale. Ten sposób gaszenia zużywa najmniej powietrza i daje największą zdolność odłączalną również w wyłącznikach przeznaczonych do ruchu z szybkim ponownym włączaniem na zwarcie. Wskutek małych mas ruchomych styków gaszących włączenie ponowne odbywa się w sposób prosty i z wielką prędkością. Szeregowe połączenie wielu przerw zapewnia wielką wytrzymałość elektryczną przerwy gaszącej, co jest szczególnie ważne np. przy odłączaniu linii w stanie jałowym. Charakterystyczna cecha tych wyłączników polega na tym, że każda poszczególna przerwa posiada z góry ustaloną moc odłączalną. Na tej podstawie można badać w istniejących laboratoriach wyłączniki wiel-



Rys. 2. Dopuszczalna moc odłączalna styku drążonego, przedmuchiwanego powietrzem sprężonym, w zależności od przekroju dyszy (Q) przy różnych napięciach.

kiej mocy przez badanie poszczególnych elementów przy ich pełnym obciążeniu. *A. Sław.*

NOWY ODŁĄCZNIK NAPOWIETRZNY

H. W. Graybill & J. S. Ferguson (Westinghouse El. Co.) A New Outdoor Air Switch and the Principles Involved in Its Design. Electrical Engineering, A. I. E. E. Transactions (sierpień 1945 r., tom 64, str. 583-586).

Za najbardziej korzystny typ uważa się odłącznik z izolatorem obrotowym i przerwą pionową. Niełatwą jest rzeczą zaprojektownie odłącznika, który byłby ekonomiczny, praktyczny i zachowywał swe właściwości po latach pracy, będąc narażonym na działanie słońca, wiatru, mrozu, kurzu i korozji.

Zagadnienia do rozwiązania przy projektowaniu. W zasadzie odłącznik składa się z dwóch końcówek, noża przegubowo zamocowanego do jednej z nich, podstawy i izolacji pomiędzy końcówkami a ziemią. Głównym źródłem niedomagań odłącznika napowietrznego jest styk pomiędzy nożem i końcówkami. Z tego powodu zaprojektowanie dobrego styku jest pierwszym i najważniejszym zagadnieniem.

Mechanizm nożowy, tzn. sposób zamiany ruchu obrotowego izolatora na żądany ruch noża, jest drugim zagadnieniem. Typ mechanizmu nożowego decyduje o zdolności odłącznika do dobrej pracy nawet w warunkach ciężkich. Wybór mechanizmu jest jednak związany z wyborem typu styków.

Styki. W zasadzie stawiamy dwa wymagania stykom odłączników napowietrznych: 1) styki muszą przewodzić prąd znamionowy bez nagrzewania się powyżej dopuszczalnej temperatury i 2) muszą wytrzymać bez szkody dla siebie największy prąd zwarcia danego obwodu aż do chwili zadziałania wyłącznika. Obie cechy winny być zachowane przez długie lata pracy odłącznika.

Z żądań tych wypływa potrzeba małego oporu styku. Ciśnienie ma wielki wpływ na wielkość tego oporu, który maleje ze wzrostem ciśnienia. Natomiast opór styku zasadniczo nie zależy od wielkości powierzchni styku. W 1928 r. W. Schaelchlin podał matematyczną zależność między oporem styku i całkowitym ciśnieniem, a mianowicie:

$$R = cP^{-k},$$

gdzie R jest oporem styku, c spółczynnikiem zależnym od materiału i kształtu styku, P całkowitym ciśnieniem i k stałą, której wartość waha się od 0,5 (gdy liczba punktów styku nie zmienia się ze wzrostem ciśnienia) do 1,0 (gdy liczba punktów styku wzrasta proporcjonalnie do ciśnienia).

Kształt styków jest niezmiernie ważny, jako że od niego zależy ciśnienie jednostkowe oraz ilość materiału bezpośrednio przylegająca do styku. Są trzy zasadnicze kształty styków: styk płaszczyznowy jak między dwiema płaszczyznami; styk punktowy jak między kulą i płaszczyzną; oraz styk liniowy jak między walcem i płaszczyzną.

Styk płaszczyznowy w stanie nowym i czystym w zupełności spełnia swe zadania zarówno przy prądach znamionowych, jak i przy przetężeniach, jednakże z powodu zbyt niskiego ciśnienia jednostkowego jest nadzwyczaj podatny

na działanie korozji. Swego czasu był powszechnie używany w odłącznikach napowietrznych, obecnie jednak stosuje się go głównie do małych prądów w odłącznikach nożowych wnętrzowych.

Styk punktowy, używany w pewnym stopniu w odłącznikach napowietrznych, czyni zadość wymaganiom dużego ciśnienia jednostkowego oraz małego oporu styku i zachowuje się zupełnie zadawalająco przy prądach znamionowych. Przy zwarciach jednak, kiedy płynie znacznie większy prąd, niewielka ilość metalu przy styku ogranicza ilość odprowadzanego ciepła, a tym samym i wielkość prądu zwarcia, który daje się przepuścić bez uszkodzenia odłącznika.

Styk liniowy, znajdujący coraz większe zastosowanie, jest zupełnie zadawalający. W stykach miedzianych przy ciśnieniu od 5 do 250 kg na cal bieżący styku liniowego posiada połowę do jednej trzeciej oporu styku powierzchniowego o wielkości 1 cala kwadratowego. Większa ilość materiału przy styku liniowym lepiej odprowadza ciepło, a więc pozwala przepuszczać bez uszkodzeń znacznie większe prądy zwarcia, niż w styku punktowym. Korzysta się z tego szeroko w odłącznikach dużego ciśnienia o jednoliniowym styku i w nowoczesnych odłącznikach średniego ciśnienia o wieloliniowych stykach.

Przy wyborze materiału na styki należy brać pod uwagę jego oporność, aktywność chemiczną, twardość i temperature odpuszczania. Podstawowe metale, jak miedź i jej stopy, tworzą przy zetknięciu się z powietrzem warstewkę tlenku o dużym oporze. Utlenianie gwałtownie potęguje się przy wyższych temperaturach. Metale szlachetne nie utleniają się w powietrzu, jednakże srebro, szeroko stosowane jako materiał na styki, wiąże się z siarką z atmosfery, tworząc warstewkę na szczęście o małej oporności i łatwo usuwaną. Dobra przewodność elektryczna i cieplna srebra tworzy z niego idealny materiał na styki w pomieszczeniach zamkniętych, gdzie wystarcza w stykach średnie ciśnienie.

Styki, narażone na działania atmosferyczne, muszą posiadać odpowiednie ciśnienie do pokonania warstw lodu, brudu i korozji. W stykach dużego ciśnienia miękkie metale, jak srebro i miedź, narażone są na znaczne zużycie i ścieranie, muszą zatem być zastąpione przez twardsze stopy, które jednak nie mogą ulec odpuszczeniu przy podgrzaniu do kilkuset stopni, występującym podczas zwarcia.

Obecnie w odłącznikach napowietrznych stosuje się od strony przegubowej zarówno giętkie połączenia mostkowe, jak i styki. Giętkie połączenia mostkowe ulegają utlenianiu i korozji zwłaszcza w dzielnicach przemysłowych, gdzie atmosfera jest przesycona siarką, a ulegające częstemu gięciu druciki łatwo się łamią aż do zupełnego przerwania połączenia mostkowego. Te same warunki, które działają niszcząco na giętkie połączenia, są równie przykre i dla styków nieosłoniętych. Styki szczękowe bezwzględnie muszą być otwarte, natomiast od strony przegubowej nie ma potrzeby stosowania giętkich połączeń mostkowych, ani styków otwartych, skoro styki mogą być całkowicie okapturzone i w ten sposób w dużej mierze chronione od korozyjnego działania atmosfery.

M e c h a n i z m n o ż o w y. Ten musi pozwalać na łatwe działanie odłącznika nawet po latach pracy przy rzadkim używaniu go oraz na działanie odłącznika w stanie oblodzonym.

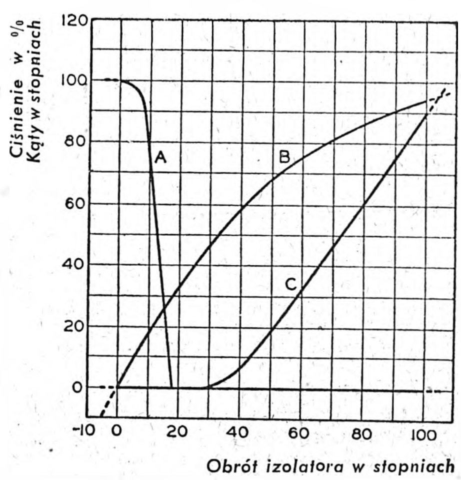
Siła, potrzebna do manipulowania odłącznikiem, zużywa się tylko na pokonanie tarcia, z wyjątkiem małych odłączników, gdzie nóż nie jest odpowiednio wyważony. Zasadnicze tarcie jest tylko to, które wytwarza się między stykami, wszystkie inne tarcia są przypadkowe i powinny być zredukowane do minimum. Z tego powodu liczba bolców i łożysk winna być jak najbardziej ograniczona. Ruch przesuwania się z tarciem jednego styku po drugim powinien być oddzielony od ruchu podnoszenia noża.

Pierwsze wyłączniki z izolatorem obrotowym i przerwą pionową były po prostu tego rodzaju, co odłączniki nożowe włączane drążkiem hakowym, tylko pominięto w nich ucho na hak drążka, dodano zaś trzeci (obrotowy) izolator. Korba, umieszczona na wierzchołku izolatora obrotowego, podnosiła i opuszczała nóż. W 1924 r. Koppitz stworzył pierwsze nowoczesne odłączniki o podwójnym ruchu noża. Odłączniki te zużywają drugi ruch, zwykle jako dalszy ciąg ruchu pierwszego (zamknięcie odłącznika), na wywarcie ciśnienia na styki po wejściu noża w szczękę lub jeszcze podczas wchodzenia. W tym drugim ruchu występują znacznie większe siły, niż w pierwszym. Zasada podwójnego ruchu pozwoliła na zbudowanie odłączników o dużym ciśnieniu, jakie znamy dzisiaj.

Duże ciśnienie w stykach może być uzyskane różnymi drogami. Np. styki są dociskane wprost do siebie. W innych konstrukcjach nóż w kształcie płaskownika obraca się w sprężystej szczęce i ustala odpowiednie ciśnienie itd. Każdy z tych sposobów ma swe zalety, lecz należy pamiętać, że wszelkie dodatkowe łożysko jest dodatkowym punktem narażonym na korozję i wytwarzającym dodatkowe tarcie; wszelkie dodatkowe połączenie, czy dodatkowa dźwignia jest jeszcze jedną częścią, która może się złamać lub obmarznąć lodem. Mechanizm winien być zatem jak najprostszy i składać się z jak najmniejszej liczby ruchomych części.

O p i s o d ł ą c z n i k a. Odłącznik, zaprojektowany w myśl powyższych rozważań, wyróżnia się prostotą; ma tylko trzy ruchome części i jeden odsłonięty styk. Jest to typ odłącznika o nożu obrotowym. Wybrano tu ruch obrotowy noża dlatego, że pozwala on uzyskać ciśnienie stykowe w szczęce za pomocą pojedyńczego noża przy najprostszym rozwiązaniu mechanicznym. Unika się w tym wypadku konieczności pewnej liczby równoległych połączeń od strony przegubu oraz usuwa się możliwość występowania sił zginających izolator ze szczękami w czasie operowania odłącznikiem. Poza tym dopuszczalne są bez wpływu na prawidłowość działania odłącznika znaczne nawet odchylenia tegoż izolatora od pozycji normalnej wskutek naprężeń ze strony linii lub szyn rozdzielczych.

W czasie otwierania odłącznika nóż obraca się aż do zaniku ciśnienia stykowego, pokonując duże siły tarcia, a następnie podnosi się przy zwolnionym styku z łatwością. Przy zamykaniu odłącznika przebieg jest odwrotny. Zupełny zanik ciśnienia stykowego nim nastąpi ruch pionowy noża jest rzeczą najistotniejszą. Wzajemna zależność między ruchem obrotowym izolatora, ruchem obrotowym noża i ruchem pionowym noża podana jest na rys. 1. Idealną kolejność ruchów noża osiągnięto dzięki użyciu niezależnych od siebie części do dokonania dwu różnych czynności.

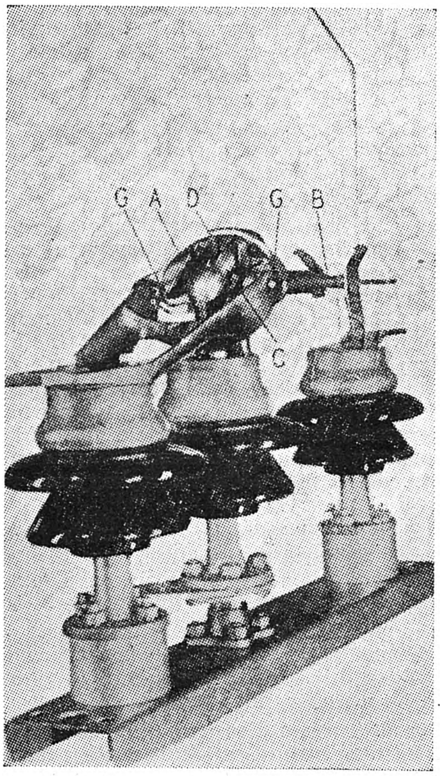


Rys. 1. Zależność ciśnienia stykowego w % (krzywa A), obrotu noża w stopniach (krzywa B) i kąta podniesienia noża w stopniach (krzywa C) od kąta obrotu izolatora w stopniach.

Mechanizm, wykonujący taką kolejność ruchów noża, jest pokazany na rys. 2. Nóż rurowy *B* jest wmontowany w pokrywę *A* mechanizmu z możliwością obrotu około swej osi. Pokrywa *A* obraca się dokoła osi poziomej bolców przegubowych *GG*. Z nożem jest sztywno związana dźwignia widełkowa *D*. Ramię czynne *C*, przymocowane na stałe do wierzchołka izolatora obrotowego (środkowego), a więc obracające się razem z tym izolatorem, działa na dwie odrębne części, dając w ten sposób dwa niezależne ruchy: ruchy stykowe i ruch podnoszenia noża. Do operowania odłącznikiem należy obrócić izolator środkowy za pomocą dźwigni, umieszczonej blisko podstawy odłącznika.

Ruchy stykowe uzyskuje się za pomocą dźwigni widełkowej. Widełki *D* obejmują ramię czynne *C* w ten sposób, że obrót ramienia powoduje obracanie się noża, a jedno-

cześnie rolka, umieszczona na końcu ramienia, toczy się w rowku wewnętrznej powierzchni pokrywy *A*. Linia rowka jest tak zakreślona, że część jej, odpowiadająca pierwszym 27,5 stopniom obrotu izolatora, leży na kole, zatoczonym przez rolkę dokoła osi trzpienia izolatora obrotowego. Podczas toczenia się rolki w tej części rowka tylko nóż obraca się dokoła własnej osi, natomiast pokrywa mechanizmu i oś noża pozostają nieruchome. Wzajemny stosunek obrotów jest tak dobrany, że jeden stopień obrotu izolatora powoduje obrót noża mniej więcej o dwa stopnie wówczas, gdy nóż pozostaje w szczękach. Ten szybki obrót noża pozwala na zupełne zluzowanie styku w szczękach, nim rozpocznie się ruch podnoszenia noża.

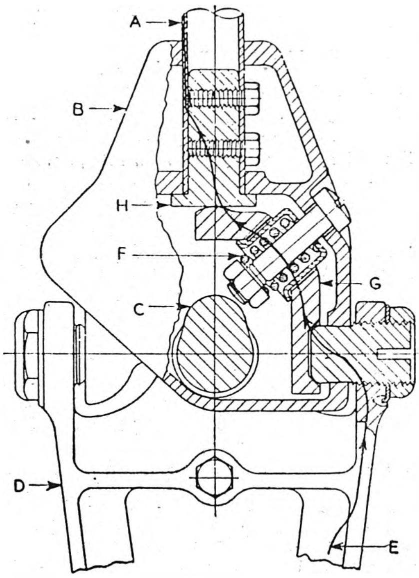


Rys. 2. Jeden z pierwszych modeli nowego odłącznika z wyciętą pokrywą dla pokazania mechanizmu napędowego noża (styki przegubowe niewidoczne).

Ruch podnoszenia noża uzyskuje się przy dalszym obrocie izolatora, gdy rolka końcowa ramienia czynnego przejdzie na pochyłą część rowka. Tu rolka nie ma możności poruszania się w płaszczyźnie poziomej, natomiast pokrywa obraca się wraz z nożem, aż nóż osiągnie pozycję pionową. Przy jednostajnym obrocie izolatora nóż uzyskuje z początku jednostajne przyspieszenie aż do momentu osiągnięcia pewnej prędkości krańcowej, która następnie jest utrzymana aż do chwili całkowitego otwarcia odłącznika. Rys. 3 ilustruje kolejność ruchów noża.

Rys. 4 przedstawia widok z góry środkowej części odłącznika w częściowym przekroju, gdzie pokazana jest droga przepływu prądu oraz konstrukcja styków przegubowych. Jeden koniec wewnętrznego człona stykowego dociska do mocnego bolca przegubowego, dając samoustawny styk pieścieniowy; drugi koniec dociska do obrobionej powierzchni widełek, tworząc styk liniowy również samoustawny. Ciśnienie stykowe utrzymuje sprężyna z tak dobranym naciągiem, że nawet przy najbardziej zużytych stykach działanie jest zapewnione. Bolec przegubowy wkręcony jest na gwint do podstawy mechanizmu i zabezpieczony przed odkręceniem zapomocą specjalnej podkładki i nakrętki, a co zatem idzie ciśnienie stykowe w tym miejscu nie może ulec zmianie.

Pokrywa mechanizmu kompletnie zakrywa styki przegubowe oraz części ruchome i chroni je w ten sposób przed oblodzeniem, co pozwala na operowanie odłącznikiem nawet podczas mrozu. Co więcej, całkowite osłonięcie części ruchomych przed słońcem, deszczem, kurzem oraz wpływami atmosferycznymi zmniejsza w znacznym stopniu korozję i wobec tego smarowanie jest zbyteczne.

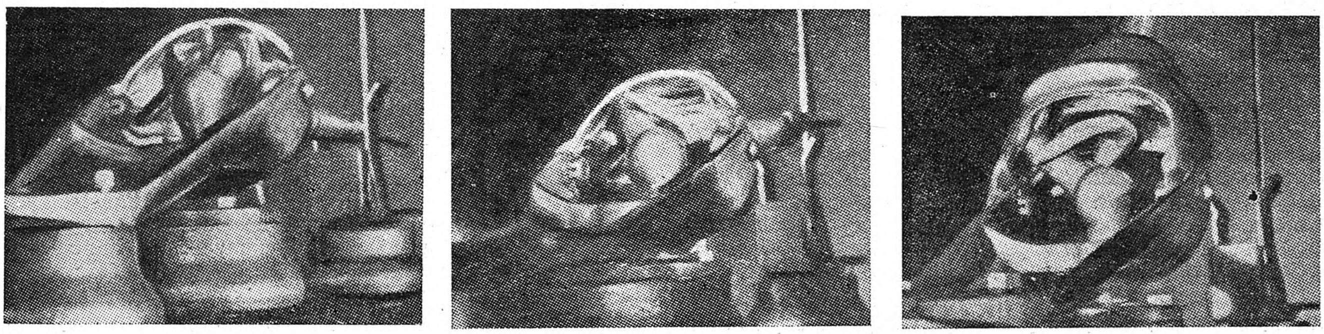


Rys. 4. Widok odłącznika z góry

A — nóż
B — pokrywa mechanizmu
C — ramię czynne
D — podstawa przegubowa
E — droga prądu
F — sprężyna
G — wewnętrzny człon stykowy
H — widełki

Trudności, wynikające na skutek odpuszczania się utwardzonych metali nieżelaznych, jak twarda miedź, czy też brąz fosforowy, zostały usunięte przez zastosowanie, jako materiału na styki szczękowe, stopów utwardzanych sposobem termicznym.

W opisywanym odłączniku szczęki wykonano z berylowo-kobaltowej miedzi, stopu stosunkowo nowego, lecz już dobrze znanego i wypróbowanego. Przy dość wysokich temperaturach, które wywiązują się podczas zwarć, stop ten nie ulega żadnym zmianom, podczas gdy twarda miedź, czy też brąz fosforowy odpuszczają się zupełnie. Daje to gwarancję, że twardość 90 Rockwella B i wytrzymałość na rozciąganie 6300 kg/cm^2 będą utrzymane przez cały okres pracy odłącznika, i pozwala na zastosowanie styków szczękowych jako części zarówno przewodzących prąd, jak i sprężynujących.



Rys. 3. Widok odłącznika przy trzech różnych pozycjach noża

Styk na spłaszczonym końcu noża wykonany jest z miedzi chromowej, stopu utwardzanego podobnie jak miedź berylowo-kobaltowa. Chciaż sprężystość i twardość miedzi chromowej nie są tak wielkie, posiada ona jednak elektryczną przewodność, wynoszącą 80% w stosunku do miedzi,

gdy miedź berylowo-kobaltowa ma zaledwie 45%. Z tego powodu miedź chromowa jest idealnym materiałem na styki, dla których zbyt wielka twardość i sprężystość nie są wymagane.

Łatwość operowania odłącznikiem była traktowana, jako jedno z najważniejszych założeń przy jego projektowaniu. Okapturzony mechanizm nożowy, powyżej opisany, pozwala właśnie na lekkie pokonanie oporów nawet w momencie zwierania styków, kiedy tarcie jest największe. Tarcie zostało zredukowane przez użycie bardzo małej ilości części ruchomych i łożysk. W odłącznikach rzędu powyżej 15 kV izolator obrotowy jest zaopatrzony w suche łożysko kulkowe, względnie w rolkowe ze smarowaniem pod ciśnieniem. Dla wyższych napięć i prądów ciężar noża jest równoważony sprężynami.

J. Świtk.

WYMAGANIA OD KABLI I SPRZĘTU KABLOWEGO

Trebowania N. K. E. S. k elektropromyszlennosti w otnoszeni siłowych kabielej, kabielnoj armatury i kontrolno-izmieritielnoj aparatury dla eksploatacji) kabielnych linii. Elektriczeskije Stancji (1945 r., nr 11, str. 21-23).

Zdarza się, że nawet kable niższych napięć (do 10 kV) nie spełniają należycie swej roli w sieciach współczesnych w warunkach, odbiegających od normalnych, a więc np. przy podwyższonej temperaturze grzania się, przy ułożeniu na trasach z większymi spadkami itp. A tymczasem kabel powinien sprostać takim warunkom. Pancerz żelazny powinien mieć należytą grubość i wystarczającą wytrzymałość mechaniczną. Płaszcz ołowiany powinien być wytrzymały na drgania mechaniczne (należy zapobiegać powstawaniu dużych kryształów). Jego grubość na obwodzie ma być równomierna, szwy podłużne mają być mocne, nie powinno być wgniotów, zmarszczek ani szczerbin.

Oplot ochronny powinien zabezpieczać metalowe osłony kabla od korozji. Do tego potrzeba trwałego materiału jutowego i dobrej masy nasycającej. Masa powinna posiadać należyte własności klejące i nie powinna wyciekać przy niewysokich temperaturach. Niedostateczne nasycenie środkami przeciwgnilnymi juty i papieru, które okrywają płaszcz ołowiany, powoduje szybki rozkład oplotów organicznych.

Izolację papierową powinno się wykonywać z taśm o dużej wytrzymałości mechanicznej, nie za szerokich i o nie zbyt dużym skoku. Kolejne warstwy taśmy papierowej nie powinny się pokrywać ściśle swą szerokością; taśma nie może być ponadrywana, nie może mieć pęknięć podłużnych ani zmarszczek. Masa, nasycająca izolację papierową, powinna posiadać dobre własności elektryczne i fizyczne. Ważny jest dobór dobrego oleju do masy. Lepkość masy nie powinna pogarszać się ze spadkiem temperatury. Braki izolacji papierowej i materiałów nasycających obniżają nie tylko własności elektryczne kabli, lecz i ich giętkość, a tymczasem powinno być możliwe układanie kabli przy temperaturze —10°, nawet —15° C bez podgrzewania.

W żyłach sektorowych nie powinny powstawać odkształcenia, na skutek których izolacja papierowa wykrzywia się, a przy zgięciu kabla nawet pęka. Jeżeli takie żyły nie są należycie ściśnięte, a izolacja papierowa jest słabo nawinięta, masa zaś nasycająca posiada duży współczynnik rozszerzalności, to materiał nasycający przesuwa się i wysycha miejscami, tworząc przestrzenie gazowe.

Dobry roztwór kredowy w połączeniu z dobrą masą, nasycającą oplot jutowy, zapobiegają sklejaniu się zwojów kabla na bębnie.

Bębny do nawijania kabla powinny mieć dużą wytrzymałość mechaniczną, liczącą się z trudnymi warunkami transportu. Osiąga się to przez racjonalną konstrukcję i zastosowanie odpowiedniego gatunku drzewa. Każdy wyprodukowany bęben kabla powinien być zaopatrzony w protokół, zawierający wyniki przeprowadzonych prób elektrycznych.

Zakłócenia w pracy kabli powstają najczęściej z powodu uszkodzenia muf, szczególnie krańcowych napowietrznych. Ich niedostateczna szczelność doprowadza do zawilgocenia izolacji i przebicia jej. Nieostrożne montowanie w tych mufach izolatorów przepustowych doprowadza do rozluźnienia styków wewnętrznych, a przy wadliwym zalewaniu muf tworzą się pęcherze powietrzne w masie zalewowej.

Montaż ołowianych muf złączowych wymaga bardzo wykwalifikowanego personelu. Przy osiadaniu gruntu mufy ołowiane pod wpływem sił rozciągających ulegają uszkodzeniu. Konstrukcja tych muf na napięcie 6 — 10 kV powinna być oparta na zastosowaniu nowych materiałów izolacyjnych z celem uproszczenia montażu i zmniejszenia czasu na montaż. Wytrzymałość elektryczna muf ołowianych nie powinna ustępować wytrzymałości kabla w całym miejscu.

Żeliwne mufy złączowe powinny być wystarczająco szczelne. Masy kablowe, którymi są one zalewane, nie powinny pękać przy zmianach temperatur, gdyż umożliwia to przedostawanie się wilgoci do izolacji papierowej.

Należy uważać za rzecz konieczną, aby s a m e f a b r y k i k a b l o w e wykonywały i dostarczały mufy. Wszelkie inne rozwiązanie jest gorsze i prowadzi do produkcji niedoskonałej, niekiedy sposobem chałupniczym.

Przemysł kablowy w Z. S. R. R. winien przystąpić do produkcji muf krańcowych, złączowych, odgałęźnych oraz innego sprzętu potrzebnego do linii kablowych, a przede wszystkim muf krańcowych napowietrznych. Trójfazowe mufy krańcowe na napięcie nominalne 3 — 10 kV należy produkować dwóch typów: 1) typ przeznaczony do najbardziej odpowiedzialnej pracy, jak na stacjach i podstacjach, dogodny do remontu i posiadający nawet części stosunkowo skomplikowane, jak np. zamek olejowy; 2) typ prostszy do masowego zastosowania w sieciach rozdzielczych. W tym drugim typie trzeba szczególnie dbać o szczelność zewnętrznej osłony, stosować dobre masy, dobrze wykonywać wyprowadzenie żył.

Oprócz powyższych muf należy wykonywać mufy jednofazowe i trójfazowe, napowietrzne, suche, na napięcia 6 — 10 kV, jednofazowe krańcowe z brązu na napięcia 10 — 35 kV i krańcowe głowicowe na napięcia 6 — 35 kV.

Konieczne jest zorganizowanie masowej produkcji zewnętrznych osłon do muf złączowych i odgałęźnych wysokiego i niskiego napięcia, płytek porcelanowych, głowic stożkowych, tulejek do montażu muf i głowic.

Konieczne jest produkowanie dobrych mas kablowych, odpornych na wysoką temperaturę, wilgoć i mróz, z małym współczynnikiem skurczu. Należy zwracać uwagę na ich dobre opakowanie.

Fabryki kablowe powinny być obowiązane dostarczać kable razem ze sprzętem kablowym i kompletem niezbędnych materiałów montażowych.

Przemysł elektrotechniczny winien opracować i wykonywać seryjnie 2 typy specjalnych aparatów kenotronowych do badania linii kablowych: pierwszy typ — lekki, przenośny, na napięcie do 50 kV i drugi, nadający się do zainstalowania na samochodzie na napięcie do 100 kV. Również części rezerwowe do tych przyrządów powinny być dostarczane.

Należy wprowadzić wyrób urządzeń do wypalania kabli.

Konieczna jest produkcja przyrządów kontrolno-pomiarowych do eksploatacji linii kablowych, a mianowicie: przyrządów do wyszukiwania linii, przyrządów określających miejsce uszkodzenia kabli metodą indukcyjną, mostków kablowych, których nie należy wykonywać jako uniwersalnych ze względu na skomplikowaną budowę, aparatury do mierzenia prądów błądzących, a przede wszystkim uniwersalnych woltomierzy-miliamperomierzy magnetoelektrycznych, ogniw termoelektrycznych do pomiaru temperatury pracujących kabli łącznie z galwanometrami i tablicami na 10 — 12 styków w skrzynkach żeliwnych wodoszczelnych do instalacji napowietrznych, wreszcie megomierzy do sprawdzania kabli itp. Należy opracować przemysłowy wzór przyrządów, określających miejsce zapływającego przebicia w liniach kablowych systemu inż. Apuszkińskiego i wyprodukować kilka sztuk dla dużych zakładów energetycznych.

Pożądane jest produkowanie kabli gazowych niskiego i średniego ciśnienia na napięcie 10 — 35 kV. Przy wykonywaniu ich należy zwrócić uwagę na pewność ich pracy i jak najprostszą obsługę przy eksploatacji.

Należałoby stosować kable o napięciach nominalnych 35 kV i 60 kV ze zwykłą izolacją, a także na 110 kV „olejowych". Kable te winny być stosowane w sieciach miejskich dużej mocy, a także jako odcinki w liniach napowietrznych, przechodzących przez miasto, również przy przejściach przez rzekę, tory kolejowe itp.

W związku z powyższym należy przywrócić produkcję kabli olejowych na napięcie 110 kV i wprowadzić produkcję

potrzebnego dla nich sprzętu. Przy ich produkcji trzeba dążyć do zmniejszenia grubości izolacji papierowej celem obniżenia ciężaru. Do obsługi linii kablowych na 110 kV należy opracować lekkie instalacje ruchome do odgazowywania oleju. Pożądane jest podjęcie produkcji kabli na napięcie 220 kV. *J. S.*

WYMAGANIA OD NOWOCZESNYCH ELEKTRYCZNYCH PRZYRZĄDÓW MIERNICZYCH

Trebowania NKES k otieczestwiennoj elektropromyszlennosti w otnoszeni wypuska elektroizmieritielnoj aparatury. Elektriczeskije Stancji (1945, Nr 6, 19-20).

Wytwórczość elektrycznych przyrządów mierniczych w Z. S. R. R. była niedostateczna przed wojną, a w okresie wojny zanikła całkowicie. Wznowiona po wojnie wytwórczość nie jest dostateczna; przyrządy laboratoryjne nie są jeszcze budowane.

Rada Techniczna N. K. E. S., licząc się z rozwojem energetyki, uznała za konieczne stworzenie elektrotechnicznego przemysłu przyrządów mierniczych na poziomie techniki nowoczesnej, zaspakajającego całkowicie potrzeby energetyki i ustaliła następujące warunki techniczne.

W przyrządach odczytowych dla tablic rozdzielczych należy osiągnąć łatwość i dokładność odczytu oraz zwartość budowy celem największego wyzyskania miejsca. Przyrządy należy wykonywać w dwu odmianach, jako normalne i małe, w obu przypadkach w formie kwadratu. W postaci normalnej układ mierniczy musi być umieszczony w prawym dolnym rogu przyrządu i posiadać skalę o rozwartości 90°, w przyrządach zaś małych rozwartość skali powinna objąć 270°.

Skala amperomierzy prądu zmiennego na 5 A powinna uwzględniać przeciążalność 7,5 do 10 A.

Woltomierze prądu zmiennego muszą być budowane o skali z całkowitym zakresem wskazań, oraz w wykonaniu z zerem ukrytym, dla zakresu wskazań od 90 do 100% wartości nominalnej odczytu.

Trójfazowe watomierze mocy czynnej dla sieci o nierównomiernym obciążeniu na żądanie powinny być budowane z przełącznikiem, pozwalającym przełączać przyrządy do pomiaru mocy biernej.

Powinna być zapewniona wytwórczość częstościomierzy wskazówkowych, które o zakresie skali 48 do 52 Hz powinny odpowiadać klasie dokładności 0,5, o zakresie zaś 49 do 51 Hz klasie dokładności 0,2.

Wszystkie elektryczne przyrządy miernicze, z wyjątkiem częstościomierzy i woltomierzy o zerze ukrytym (dla tych ostatnich przewidziana dokładność ± 0,2%), powinny odpowiadać klasie dokładności 1,5.

Do zdalnego pomiaru temperatur powinny być dostarczane całkowite urządzenia w wykonaniach następujących: termometr elektryczny oporowy w układzie mostkowym ze zwojniczką skrzyżowaną, pirometr termoelektryczny z termoelementem miedź-konstantan i miliwoltomierzem, termometr manometryczny z termo-zbiornikiem i rurką kapilarną do 60 m długości.

W stosunku do przyrządów samopiszących postawiono wymagania, aby oprócz typu normalnego podjęta była budowa przyrządów o dwu prędkościach. W tych ostatnich przy obniżeniu napięcia o 20% wartości nominalnej powinien być samoczynnie powiększany przesuw papieru z prędkości nominalnej 10 mm/h do 36000 mm/h w celu rejestracji przebiegu zjawisk podczas wypadku. Woltomierz o dwu prędkościach powinien być trójukładowy w celu jednoczesnej rejestracji napięć na wspólnej taśmie we wszystkich trzech fazach.

W dziedzinie przyrządów specjalnych wysunięto wymaganie wyrabiania woltomierzy i watomierzy zdalnych oraz megawatomierzy, przeznaczonych w elektrowniach dla urządzeń kotłowych. Te megawatomierze powinny sumować obciążenia, a urządzenia odczytowe tych przyrządów powinny posiadać dwa wskaźniki świecące, z których jeden podaje moc przewidzianą w wykresie rozrządczym, drugi zaś moc, dostarczaną przez elektrownię.

Wykaz przyrządów montażowych, przewidzianych do wytwarzania, obejmuje oprócz przyrządów pojedyńczych również całkowite zespoły pomiarowe walizkowe, w których zmontowane byłyby przyrządy małe w różnych układach mierniczych do pomiaru różnych wielkości elektrycznych. Wykaz zawiera również przenośne urządzenie miernicze do badania na miejscu pracy przekaźników i układów przekaźnikowych oraz elektrycznych przyrządów mierniczych do badania stanu izolacji urządzeń wysokiego napięcia oraz do wykrywania miejsca uszkodzenia kabla.

W celu kontrolowania stanu sieci wysokiego napięcia uznano za niezbędne wypuszczenie na rynek drążków mierniczych, przeznaczonych do mierzenia temperatur i spadku napięcia na stykach oraz do badania izolatorów w łańcuchach.

Dla laboratoriów przemysłowych, współpracujących z energetyką, zażądano stoisk mierniczych stałych i przenośnych, przeznaczonych do sprawdzania elektrycznych przyrządów mierniczych, przekaźników i liczników energii elektrycznej, dalej urządzeń kenotronowych, specjalnych stoisk do badania urządzeń z dziedziny techniki bezpieczeństwa, urządzeń do badania wytrzymałości elektrycznej oleju oraz urządzeń do określania miejsca uszkodzeń oraz trasy kabli metodą indukcyjną. Wreszcie przewidziano dostarczanie mostków Scheringa do 100 kV, oscylografów pętlicowych, oscyloskopów katodowych oraz szeregu przyrządów mierniczych dokładnych.

W celu zasilania urządzeń laboratoryjnych źródłami energii o wartościach napięć i prądów, nie podlegających wahaniu pod wpływem czynników postronnych, oraz utrzymania w odpowiednich granicach mocy tych urządzeń powinna być rozpoczęta budowa zespołów składających się z silnika prądu stałego 110—220 V o mocy 2 do 3 kW i dwóch generatorów trójfazowych 3 × 220 V, zaopatrywanych w urządzenie zdalne do wzajemnego przesunięcia fazowego obu generatorów.

Powinny być dostarczane prócz tego prostowniki o mocy 100 do 200 VA ze stałecznością ± 0,01%, transformatory próbne napięciowe do 350 kV o mocy 350 kVA oraz obciążeniowe transformatory prądowe do 3000 A o mocy do 3 kVA.

Jako urządzenia regulacyjne powinny być dostarczane oporniki typu Ruhstrat oraz jednouzwojeniowe transformatory regulacyjne typu „Variac" dla prądów do 150 A i napięć do 380 V.

Oprócz dostarczania przyrządów mierniczych niezbędne jest rozpoczęcie fabrykacji części wymiennych, materiałów oraz specjalnych narzędzi, koniecznych do naprawy elektrycznych przyrządów mierniczych według osobnego zestawienia.

Wobec dużego braku specjalistów w dziedzinie techniki mierniczej uznano za konieczne powołanie naukowo-technicznego środowiska do opracowywania elektrycznych przyrządów i metod mierniczych, jak również do przygotowania zawodowego odpowiednich specjalistów na wszystkich szczeblach tej specjalności. *B. J.*

Kabel olejowy na 154 kV w pionowej pozycji na długości 50 m*)

Kable izolowane papierem i nasycane olejem można budować z gwarancją pewności ruchu do 60—70 kV. Nie można podwyższyć tej granicy napięcia przez samo powiększanie grubości izolacji. Olej bowiem używany do nasycania posiada stosunkowo duży spółczynnik rozszerzalności. Podczas ochładzania się kabla, np. po spadku obciążenia, olej kurczy się, wytwarzając próżnię. W izolacji papierowej tworzą się wtedy pęcherzyki, w których zbiera się gaz rozpuszczony pod ciśnieniem w oleju. Wytrzymałość dielektryczna pęcherzyków gazu jest niewielka, tak że przy dostatecznie dużym napięciu następuje jonizacja i przebicie izolacji. Celem przeciwdziałania tworzeniu się pustych przestrzeni stosuje się kable napełnione olejem,

*) Z materiałów firmy ASEA

będącym stale pod ciśnieniem. Kabel taki, zwany olejowym, ma w środku kanał, który na obu końcach, a przy większych długościach nawet w punktach pośrednich połączony jest ze zbiornikami tłocznymi oleju, które we wszelkich warunkach ruchu utrzymują w kablu nadciśnienie. Gdy kabel się rozgrzewa, olej przepływa do zbiorników, podczas ochładzania się olej płynie w kierunku odwrotnym. Kable olejowe są przeważnie jednożyłowe.

Dla kabli olejowych dopuszczalna jest najwyższa temperatura w żyle 70° C, znacznie wyższa niż dla kabli normalnego wykonania; wskutek tego obciążalność kabla olejowego jest większa o kilkadziesiąt procentów od obciążalności kabla zwykłej budowy w założeniu, że oba rodzaje kabla mają jednakowy opór cieplny. W rzeczywistości kabel olejowy ma cieńszą izolację i dlatego mniejszy opór cieplny.

Kabel olejowy na 66 kV ma izolację o grubości ok. 8,5 mm, tj. mniej więcej takiej samej, jak kabel normalnej budowy na napięcie 33 kV. Grubość izolacji kabla na 220 kV wynosi 24 mm, co odpowiada natężeniu 5,3 kV/mm.

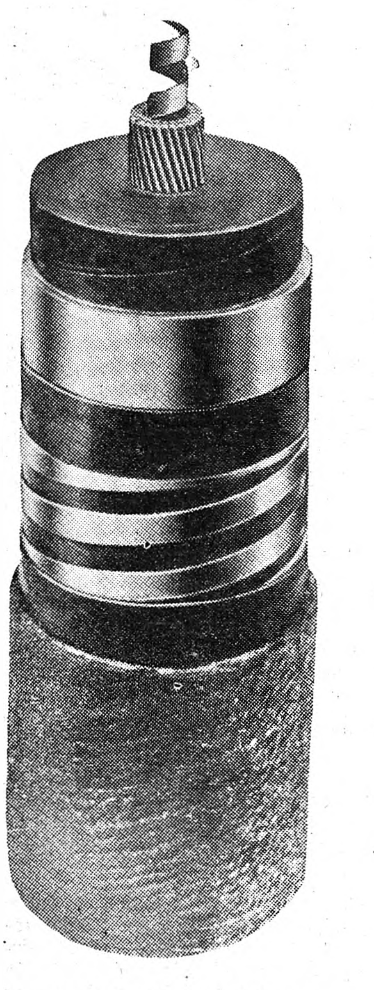
Wybór średnicy kanału olejowego jest zagadnieniem gospodarczym: im mniejszy kanał, tym tańszy kabel, lecz

Długości poszczególnych odcinków kabla zależą nie tylko od wymiarów kabla, objętości oleju, średnicy kanału, zmian temperatury, lecz i od profilu całej trasy kablowej. Przy dużych spadkach długości odcinków kabla muszą być tak wybrane, by statyczne naprężenia w najniżej położonej części odcinka nie były nadmierne. Właściwości terenu często nie pozwalały na umieszczenie muf działowych i zbiorników tłocznych w tych punktach, które zostały według obliczeń przewidziane.

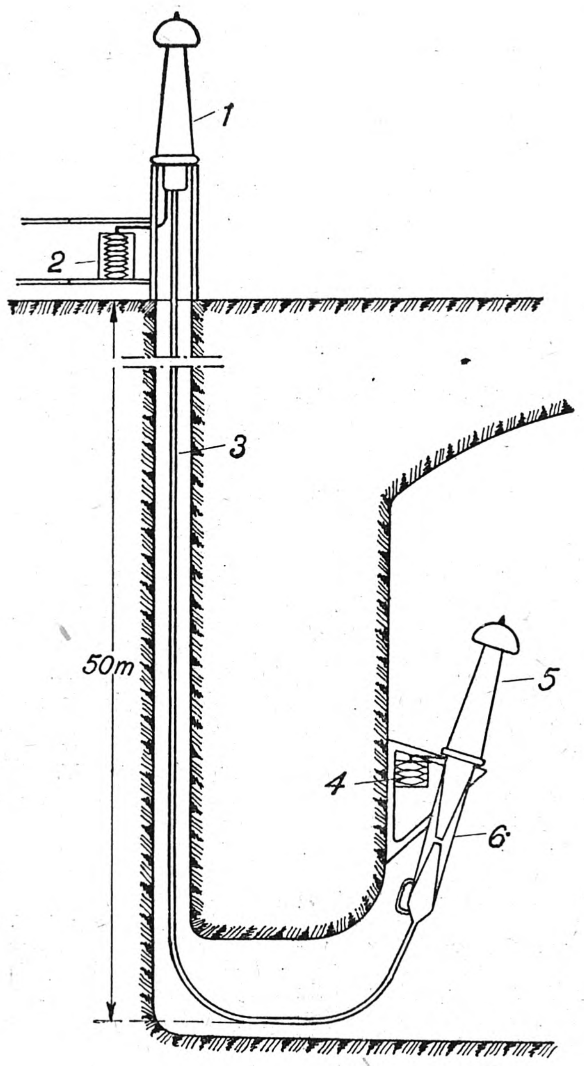
Mufy działowe zabezpieczają kabel od upływu oleju, dzięki czemu tylko jeden odcinek kabla może być pozbawiony oleju. Warunki chłodzenia są w zasadzie miarodajne przy projektowaniu układu olejowego kabla, wobec niebezpieczeństwa tworzenia się próżni.

Instalacja kablowa w elektrowni Porjus składa się z czterech olejowych kabli jednofazowych na napięcie robocze 154 kV i 50 okr./sek. Trzy kable służą do przenoszenia mocy, czwarty zaś pracuje jako izolowany punkt zerowy.

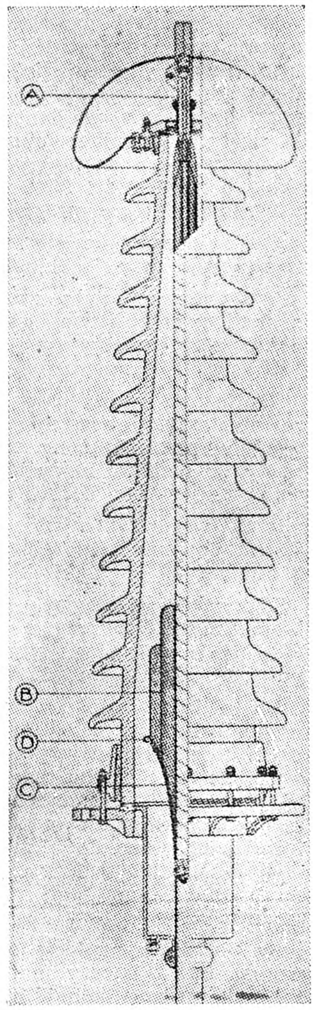
Kable wykonane zostały według sposobu Pirellego i mają w środku podłużny kanał olejowy (rys. 1). Zastosowany olej mineralny jest dosyć rzadki i znajduje się stale pod ciśnieniem. Kanał środkowy o średnicy 8,8 mm



Rys. 1. Ustrój kabla olejowego na 220 kV



Rys. 2. Układ olejowy kabla na 154 kV w elektrowni Porjus
1,5 mufy końcowe, 2,4 zbiorniki tłoczne, 3 kabel na 154 kV, 6 spec. mufa końcowa



Rys. 3. Przekrój mufy końcowej

jednocześnie wzrasta tarcie oleju w kanale, co wymaga dodatkowych zbiorników tłocznych, a więc podnosi koszty.

Długi kabel dzieli się na odcinki za pomocą tzw. muf działowych, które nie pozwalają na przepływanie oleju z jednego odcinka kabla do drugiego. Długości fabryczne kabli, wynoszące zazwyczaj ok. 500 m, łączy się za pomocą muf przepływowych. Zbiorniki olejowe tłoczne można przyłączać zarówno do muf działowych, jak i przepływowych.

składa się ze stalowej spirali (z taśmy 6 mm × 0,5 mm), wokół której nawinięta jest żyła miedziana. Przekrój żyły wynosi 130 mm². Izolacja składa się z mytego papieru celulozowego, który w kształcie taśmy owinięty jest na żyle. Grubość izolacji wynosi 18 mm, grubość płaszcza ołowianego — 3,5 mm.

Kabel jest opancerzony dwiema taśmami miedzianymi 10 × 0,4 mm, nawiniętymi z niewielkim skokiem, aby wy-

trzymywać duże ciśnienie oleju (ciśnienie statyczne ok. 5,5 kg/cm^2), powstające z powodu dużej różnicy poziomów.

Naprężenie, powstające w kablu naskutek jego własnego ciężaru, jest przejmowane przez opancerzenie, składające się z 12 miedzianych taśm 10 × 0,4 mm, wznoszących się w kierunku podłużnym. Oprócz tych pancerzy kabel zaopatrzony jest w dodatkowy płaszcz ołowiany o grubości 2 mm, przewidziany jako ochrona przeciwko działaniom korozyjnym. Z zewnątrz kabel jest dwukrotnie opleciony masywną jutą. Zewnętrzna średnica kabla wynosi 77 mm, a waga kabla 18 300 kg/km.

Kable dostarczono nawinięte na bębnach, zaopatrzonych w zbiorniki tłoczne, które utrzymują olej pod ciśnieniem zarówno podczas transportu, jak i podczas montażu.

Zbiorniki tłoczne posiadają kształt cylindrów średnicy ok. 0,5 m i normalnej wysokości ok. 1 m. Zbiornik wewnątrz posiada pewną liczbę komór hermetycznie zamkniętych i zawierających powietrze. Komory mają kształt płaski i powierzchnię falistą, ażeby nie mogły się zgniatać i odkształcać. Olej w zbiorniku wypełnia całkowicie przestrzeń między komorami. Żaden gaz nie może wejść w bezpośrednie zetknięcie z olejem. Przestrzeń olejowa jest całkowicie zamknięta i olej w całym kablu jest wolny od gazu, wskutek tego jest zabezpieczony od utleniania się i zachowuje niezmiennie swoje własności. Normalnie ciśnienie robocze wynosi ok. 1 kg/cm^2.

Duże ciśnienie oleju w dolnym końcu kabla przejmuje specjalna mufa końcowa, składająca się właściwie z dwóch muf końcowych (porcelanowe stożki), zwróconych ku sobie wierzchołkami i zamkniętych we wspólnej osłonie. Dzięki łącznikowi rurowemu między końcem kabla a przestrzenią wewnątrz mufy specjalnej (rys. 2) wysokie ciśnienie oleju wytwarza nadciśnienie w górnym uszczelniającym izolatorze.

Specjalne mufy końcowe nawinięto i nasycono w fabryce. Około 16 000 m papieru celulozowego różnej szerokości zużyto na wykonanie jednej mufy. W czasie transportu i montażu, do części środkowej mufy włączony bywa mały zbiornik tłoczny.

Podczas montażu mufy końcowej na kablu olej pod ciśnieniem w kablu zostaje odcięty za pomocą specjalnego zaworu, umieszczonego na końcu kabla.

Po wykonaniu czynności ewakuacyjnych i nasycania doprowadza się do oleju w mufie końcowej ciśnienie wyższe aniżeli ciśnienie oleju w kablu, wskutek czego mechanizm zamykający zawory odmyka się, wytwarzając połączenie między kanałem olejowym w kablu a mufą.

Przekrój mufy końcowej podany jest na rys. 3. Na koniec żyły kabla wprasowana jest specjalna rurka miedziana (A), w której może się poruszać tłok stalowy, a to w tym celu, by można było podczas montażu oddzielić kanał olejowy od mufy. Na końcu pancerza ołowianego grubość izolacji jest zwiększona (B). Stożek (C) owinięty został drutem ołowianym i zakończony miedzianym pierścieniem (D). Po skończeniu nasycania i wypompowaniu powietrza tłok stalowy podnosi się, wskutek czego powstaje połączenie między mufą końcową a kanałem olejowym dla przepływu oleju.

Podczas montażu muf trzeba było przez cały czas zasilać kabel olejem z drugiego końca, ażeby powietrze nie dostało się do ilozacji, przy czym celem całkowitego wykorzystania rozszerzalności zbiornika tłocznego, podczas montażu górnej mufy końcowej, zbiornik tłoczny został umieszczony na ziemi i połączony opancerzoną rurą ołowianą z drugą, dolną mufą końcową.

Dolne mufy końcowe posiadają bezpośrednio nabudowane mufy **s p e c j a l n e**. Obie te mufy po wykonaniu poddane zostały dokładnym próbom na szczelność, poczem zastosowano specjalne środki uszczelniające mufy na olej.

Układ rozdzielczy oleju wykonany został w Elektrowni Porjus podług rys. 2.

Przy górnych mufach kablowych (*1*) przewidziany został dla każdego kabla jeden zbiornik oleju (*2*) typu B 80, który zasila mufę końcową i kabel w dół aż do mufy specjalnej (6). Na dolnych końcach kabla mniejszy zbiornik ciśnieniowy (*4*) zasila mufę końcową (*5*) i górną część mufy specjalnej *6* (1 kg/cm^2).

Przy udziale Królewskiego Zarządu Spadków Wodnych kable poddawane były w ciągu całego procesu fabrykacji bardzo dokładnym próbom. W ten sposób wykonane zostały próby szczelności płaszcza ołowianego oraz próby podczas suszenia i impregnowania. 10-metrowy odcinek kabla próbowany pod ciśnieniem 25 atn w ciągu 50 godzin nie wykazał na płaszczu ołowianym żadnych odkształceń ani też przecieków. Dopiero kiedy ciśnienie zwiększono do 50 atn, kabel rozerwał się.

Próbę na napięcie wykonano w fabryce przy 170 kV, 50 okr. w ciągu 15 min. Straty dielektryczne zmierzone zostały przy różnych napięciach. Przy $154/\sqrt{3}$ kV tgδ wzrósł do 0,003. Ponadto dwa dziesięciometrowe odcinki kabla poddane zostały próbie napięciowej na czas w ciągu 50 godzin napięciem 240 kV, które następnie zwiększono do 320 kV i trzymano aż do przebicia kabla.

Kabel, po ułożeniu go w elektrowni Porjus, poddano próbie napięciem 142 000 V do ziemi w ciągu 15 minut.

Ustawa o upaństwowieniu energetyki we Francji

1. Zakres i przedmiot upaństwowienia.

Ogłoszona w kwietniu 1946 r. ustawa*) postanawia o upaństwowieniu wytwarzania, przesyłania, rozdzielania, importowania i eksportowania energii elektrycznej i gazu palnego z wyjątkiem gazu ziemnego.

Ustawodawca francuski zakreślił kilka granic dla przedmiotu upaństwowienia. Pierwszym ograniczeniem jest ograniczenie geograficzne. Mianowicie upaństwowieniu z mocy tej ustawy podlegają zakłady istniejące na terenie Francji - metropolii.

Drugim ograniczeniem jest cel, któremu służy przedsiębiorstwo. Tu ustawa używa określenia, że upaństwowieniu podlegają przedsiębiorstwa, których główną czynnością jest wytwarzanie, przesyłanie i rozdzielanie energii elektrycznej lub gazu, albo udział w prowadzeniu lub eksploatacji tego rodzaju przedsiębiorstw. Jeśli więc przedsiębiorstwo służy jeszcze innym celom przemysłowym, to upaństwowieniu z mocy tej ustawy podlega tylko jego część energetyczna. Jeśli przedsiębiorstwo nie ma za swój główny cel wytwarzania, przesyłania i rozdzielania energii elektrycznej i gazu, lecz posiada urządzenia, które mogą służyć temu celowi, a urządzenia te mają bezpośrednio charakter użyteczności publicznej, wówczas dekret, wydany na wniosek ministra przemysłu i ministra skarbu, może postanowić o upaństwowieniu tych urządzeń. W razie pośredniej użyteczności publicznej urządzeń, nie podlegają one upaństwowieniu, lecz produkcja tych urządzeń może być w razie potrzeby w całości lub w części przejęta przymusowo na użytek publiczny.

Trzecim ograniczeniem jest wielkość produkcji przedsiębiorstwa. Dla określenia tego ograniczenia przyjęto średnią, rzeczywistą produkcję w latach 1942 i 1943 (lata okupacyjne!) i granicę określono na 12 mln. kWh rocznie dla energii elektrycznej i 6 mln. m^3 rocznie dla gazu. Jeżeli jednak przedsiębiorstwa energetyczne działają na podstawie koncesji, udzielonej przez ciała publiczne na prawo rozdzielania energii albo gazu bez zawarowanego przejęcia majątku przez te ciała po upływie koncesji, w wypadku zaś przedsiębiorstw elektrycznych także jeżeli przedsiębiorstwa te mają charakter okręgowy albo państwowy, wówczas przedsiębiorstwa takie podlegają upaństwowieniu bez względu na wielkość produkcji. Nowe przedsiębiorstwa energetyczne o produkcji rocznej niższej od wyżej podanej mogą powstawać w wypadkach szczególnych za zgodą instytucji, która będzie sprawować od chwili ogłoszenia ustawy zarząd nad upaństwowioną energetyką. Jeśli jednak produkcja roczna nieupaństwowionych przedsiębiorstw przekroczy 15 mln. kWh energii elektrycznej lub 7 mln. m^3 gazu rocznie w ciągu

*) Loi n° 46 — 628 du 8 avril 1946 sur la nationalisation de l'electricite et du gaz (Journal officiel 8 — 9 kwietnia 1946 r., str. 2951 — 2957. Sprostowanie omyłek: Journal officiel, 18 kwietnia 1946 r., str. 3254).

dwóch kolejnych lat, to zostaną one upaństwowione na podstawie dekretu na wniosek ministrów przemysłu i skarbu. Nie podlegające upaństwowieniu przedsiębiorstwo gazowe, jeżeli znajdzie się na szlaku przewodu gazowego, może być zobowiązane do zaopatrywania się w gaz z tego przewodu, a odmowa może być powodem do zarządzenia o upaństwowieniu tego przedsiębiorstwa.

Czwartym ograniczeniem jest dotychczasowa przynależność zakładu energetycznego. W tym ograniczeniu wyłączone są spod upaństwowienia według postanowień niniejszej ustawy zakłady elektryczne, będące własnością przedsiębiorstwa kolei państwowych, oraz zakłady elektryczne i gazowe, należące do państwowych kopalń węgla. Jednak zakłady takie będą prowadzone przez specjalne komitety mieszane pod ogólnym zwierzchnictwem energetycznym państwowym. Skład i komepetencje tych komitetów będą ustalone w osobnym dekrecie. Gdy zakład energetyczny należy do innego typu przedsiębiorstwa przemysłowego niż kolej i kopalnie węgla, a połączeń technicznych między zakładem energetycznym i przemysłowym nie można przerwać bez poważnej szkody i straty, to taki zakład energetyczny podlegnie upaństwowieniu, lecz prowadzony będzie również przez specjalny komitet mieszany o składzie i kompetencjach określonych dekretem i również pod zwierzchnictwem energetycznym państwowym.

Spółki rozdzielcze mieszane, w których państwo albo związki publiczne mają większość udziałów, przedsiębiorstwa publiczne lub podobne instytucje utworzone przez zbiorowości lokalne, spółdzielnie odbiorców i spółdzielnie rolnicze pozostają w sytuacji dotychczasowej do chwili zorganizowania odpowiednich SD.

Jeżeli rozdzielanie energii elektrycznej lub gazu było przed wejściem w życie ustawy w eksploatacji przedsiębiorstw publicznych lub podobnych insytucji utworzonych przez zbiorowości lokalne lub przez spółki, w których te zbiorowości miały większość udziałów, natenczas instytucje te lub spółki będą w ramach poszczególnych SD zorganizowane względnie przekształcone na zakłady publiczne komunalne lub międzykomunalne, które przybiorą wówczas nazwę „przedsiębiorstwa publicznego" z wymienieniem nazwy danej zbiorowości.

Stosunki tych przedsiębiorstw publicznych z SD, ich organizację, powoływanie zarządców i kontrolę ich rachunkowości określą rozporządzenia administracyjne. Spółdzielnie odbiorców i spółdzielnie rolnicze, mające koncesje, mogą również być zachowane w ramach SD, a ich stosunki z SD i stan prawny podlegają także określeniu w drodze rozporządzenia. Z tymi zastrzeżeniami wymienione zrzeszenia zachowują swą samodzielność.

Poza przypadkami odmiennej umowy — związki publiczne lokalne pozostają właścicielami instalacji, które do nich należą, albo instalacji, eksploatowanych na mocy umów dzierżawnych lub koncesyjnych, a które miałyby przypaść im bezpłatnie po wygaśnięciu umowy.

Wykazy przedsiębiorstw podlegających upaństwowieniu będą ogłoszone w formie dekretów na wniosek ministra przemysłu i ministra skarbu.

Przedmiotem upaństwowienia jest, w zależności od wyżej omówionych postanowień, odpowiednio całość lub część majątku, praw i zobowiązań przedsiębiorstwa.

Spory, które mogą wyniknąć między państwem i instytucjami, powołanymi do sprawowania zarządu nad upaństwowioną energetyką, z jednej strony, a przedsiębiorstwami zainteresowanymi z drugiej strony, będą rozstrzygane przez arbitraż.

2. Organizacja i działalność energetyki.

Zarząd i prowadzenie działalności upaństwowionych zakładów energetycznych powierza się dwu głównym instytucjom o nazwach: „Électricité de France — Service National" i „Gaz de France — Service National". Dla krótkości w dalszym ciągu instytucje te będą nazywane, zgodnie zresztą z ustawą, odpowiednio EDF i GDF.

Zakres ich działalności obejmuje głównie budowę i rozbudowę urządzeń, a w wypadku energii elektrycznej również jej produkcję, oraz studia nad środkami i urządzeniami gospodarki energetycznej.

Zarząd i prowadzenie rozdziału energii elektrycznej w terenie, a w wypadku gazu również jego produkcji powierza się okręgowym instytucjom terenowym o nazwie: „Électricité de France — Service de distribution..." „Gaz de France — Service de production et de distribution..." z podaniem odpowiedniej nazwy geograficznej lub administracyjnej. Jako skrótem w dalszym ciągu określać się je będzie literami SD.

EDF i GDF są nadrzędne, każda w swoim zakresie zawodowym, w stosunku do terenowych SD.

Wszystkie te instytucje, tj. EDF, GDF i SD są instytucjami publicznymi o charakterze przemysłowym i handlowym. Prowadzić będą sprawy swych finansów i rachunkowość według zasad przyjętych w spółkach przemysłowych i handlowych i podlegają ogólnym przepisom podatkowym. EDF, GDF i SD posiadają samodzielność finansową, a co za tym idzie, także handlową i techniczną. EDF, GDF i poszczególne SD mogą nabywać, zbywać, dzierżawić wszelkiego rodzaju majątek i zarządzać nim; mogą także korzystać z kredytu na normalnych warunkach jak dla przedsiębiorstw przemysłowych.

Z chwilą przejęcia przedsiębiorstw, podlegających upaństwowieniu, EDF i GDF wstępują we wszystkie prawa i zobowiązania poprzednich przedsiębiorców bez względu na ewentualne odmienne przepisy, lub umowy. Wszelkie umowy cywilne i handlowe, zawierające zobowiązania w stosunku do osób prawa prywatnego na okres przekraczający 1. I. 1948, mogą być jednak wymówione do tej daty.

Z chwilą urzędowego stwierdzenia użyteczności publicznej, urządzenia EDF, GDF i poszczególnych SD objęte projektami tych instytucji, zatwierdzonymi przez ministra przemysłu, korzystają z prawa ustawiania słupów, umocowywania urządzeń, prowadzenia przewodów przez drogi i posesje, cięcia drzew, użytkowania dróg i mostów i czasowego zajmowania terenów. Przewiduje się specjalne ułatwienia przy procedurze stwierdzania użyteczności publicznej w zakresie działalności, związanej z elektryfikacją i gazyfikacją.

Organami zarządzającymi EDF, GDF i poszczególnych SD są rady zarządzające oraz dyrektorzy naczelni, powoływani dla EDF i GDF dekretem na podstawie uchwały rady ministrów, a dla SD — uchwałą rady zarządzającej. Do czasu ukonstytuowania się rad funkcje ich sprawują komisarze tymczasowi. Złożą oni sprawozdania radom zaraz po ich ukonstytuowaniu się. Z chwilą otrzymania przez komisarza pokwitowania od właściwej rady uprawnienia jego wygasają.

Do czasu powołania nowych dyrektorów pełnią swe funkcje nadal dotychczasowi dyrektorzy przedsiębiorstw, podlegających przejęciu z tytułu upaństwowienia.

Przewiduje się specjalne sankcje karne za naruszenie przepisów ustawy o upaństwowieniu. Kary sięgają 5 lat więzienia i pół miliona franków.

Rady zarządzające EDF, GDF i poszczególnych SD składają się w każdym wypadku z 18 osób, mianowanych — w wypadku EDF i GDF — dekretem na wniosek ministra przemysłu, w wypadku zaś SD — przez EDF wzgl. GDF.

Dla rad EDF i GDF ustawa przewiduje następujący skład: 6 p r z e d s t a w i c i e l i p a ń s t w a (1 wysunięty przez min. gosp. narod., 2 przez min. przem., 1 przez min. skarbu, 1 przez min. roln., 1 przez min. robót publ.), 6 p r z e d s t a w i c i e l i o d b i o r c ó w (4 delegatów miejscowych organizacji energetycznych rozdzielczych, 1 przedstawiciel przemysłowców będących wielkimi odbiorcami energii, 1 przedstawiciel zrzeszeń rolniczych w wypadku EDF lub związku stowarzyszeń rodzinnych w wypadku GDF), 6 p r z e d s t a w i c i e l i p e r s o n e l u na wniosek związków zawodowych (3 pracown. techn.-adm., 1 urzędnik, 2 robotników). Dyrektorzy naczelni EDF i GDF mianowani są dekretem na wniosek ministrów gospodarki narodowej i przemysłu, oparty na propozycji rad zarządzających, a przyjęty przez radę ministrów, spośród osób uzdolnionych do tych czynności i posiadających odpowiednią praktykę. Te same osoby nie mogą zasiadać jednocześnie w radach EDF i GDF. Członkiem rady ani dyrektorem nie może być członek parlamentu. Przewodniczącemu rady i dyrektorowi nie wolno zasiadać w radach przedsiębiorstw prywatnych.

Skład rady poszczególnej SD ma być następujący: 4 przedstawiciele z ramienia EDF lub GDF, 6 przedstawicieli personelu danej SD, wskazanych przez związki zawo-

dowe (skład jak wyżej), 8 przedstawicieli różnych rodzajów odbiorców energii (6 z ramienia organizacji miejscowych i po jednym jak wyżej). Dyrektorów SD powołują rady SD po zasięgnięciu opinii zainteresowanych związków międzykomunalnych, jeżeli większość gmin, reprezentująca też większość mieszkańców, połączyła się w taki związek. Dyrektorzy SD podlegają zatwierdzeniu EDF, bądź GDF.

Członkowie zarządów są odpowiedzialni cywilnie za swoje czynności tak, jak członkowie zarządów towarzystw akcyjnych.

3. Organizacja finansów energetyki.

Jednocześnie z postanowieniami o upaństwowieniu energetyki została powołana do życia instytucja bankowa pod nazwą: „Caisse nationale d'équipement de l'électricité et du gaz", co można by po polsku nazwać narodowym bankiem elektryfikacji i gazyfikacji.

Trzy są główne zadania tego banku.

Pierwszym, najogólniejszym, jest gromadzenie i dostarczanie EDF, GDF i SD środków finansowych, potrzebnych do wykonania ich zadań, a w szczególności do realizowania projektów ulepszania i rozwoju elektryfikacji i gazyfikacji.

Drugim zadaniem jest koordynacja i kontrola emisji obligacji EDF, GDF i SD.

Trzecim wreszcie zadaniem jest zapewnienie obsługi obligacji, emitowanych przez przedsiębiorstwa, których zobowiązania przechodzą na EDF lub GDF, oraz zapewnienie obsługi obligacji, emitowanych w charakterze odszkodowań w związku z przejęciem przedsiębiorstw podlegających upaństwowieniu.

Ustawa stanowi, że przejęcie majątku z tytułu upaństwowienia daje prawo poprzednim właścicielom do odszkodowania ze strony EDF i GDF. Odszkodowanie to będzie wypłacone pod postacią specjalnych obligacji wyżej wymienionego banku. Umorzenie tych obligacji nastąpi najdalej w ciągu 50 lat w drodze losowania lub wykupu. Oprocentowanie stałe tych obligacji będzie wynosiło 3% rocznie, a niezależnie od tego przewiduje się jeszcze pewne oprocentowanie dodatkowe zmienne w zależności od osiągniętych przez gospodarkę energetyczną wpływów.

Środki finansowe banku powstają z następujących dwóch głównych źródeł: 1) z pożyczek zaciąganych przez ten bank i 2) z wpłat dokonywanych przez EDF, GDF, SD i podległe miejscowe instytucje rozdzielcze, którym ustawa przyznaje prawa do zachowania samodzielności. W tym ostatnim wypadku jednak wpłaty do banku będą dokonywane dopiero po wywiązaniu się tych instytucji z ich obowiązków statutowych w stosunku do własnych udziałowców (np. spółdzielców).

Pożyczki, które bank będzie zaciągał celem zapewnienia kredytu dla EDF, GDF i SD, podlegają aprobacie ministra skarbu co do ich wysokości i co do ich oprocentowania stałego. Pożyczki z terminem umorzenia dłuższym niż 15 lat mogą być oprocentowane dodatkowo według stopy zmiennej, uzależnionej od wzrostu sprzedaży energii elektrycznej i gazu. Wysokość oprocentowania zmiennego określa dla każdej emisji min. skarbu. Wymienione pożyczki mogą posiadać gwarancję państwa. Bank narodowy gospodarki państwowej. (Caisse nationale des marchés de l'Etat) upoważniony jest do przyjmowania na zabezpieczenia, poręczania, akceptowania i żyrowania papierów kredytowych, wystawionych przez narodowy bank elektryfikacji i gazyfikacji.

Wpłaty do banku elektryfikacji i gazyfikacji ze strony EDF, GDF i SD będą dokonywane na następujące cele: a) na oprocentowanie i umorzenie pożyczek dawniejszych, zaciągniętych przez przedsiębiorstwa, przechodzące w całości na EDF lub GDF; b) na oprocentowanie i umorzenie obligacji, wydanych w charakterze odszkodowań za przejęcie; c) na oprocentowanie stałe i umorzenie pożyczek nowych, emitowanych przez bank; d) na obsługę dodatkowego zmiennego oprocentowania obligacji, wydanych w charakterze odszkodowań, i pożyczek nowych, emitowanych przez bank na czas dłuższy niż 15 lat.

Sposób dokonywania tych ostatnich wpłat określa porozumienie między bankiem a EDF i GDF; porozumienia te zatwierdza dekret prezydenta republiki na wniosek ministrów przemysłu i skarbu.

Zarząd narodowego banku elektryfikacji i gazyfikacji sprawuje 15-osobowa rada o następującym składzie: prezes, mianowany dekretem prezydenta republiki na wniosek ministrów przemysłu i skarbu, 4 delegatów, wyznaczonych (po jednym) przez ministrów rolnictwa, gospodarki narodowej, przemysłu i skarbu, 2 przedstawicieli EDF, 1 przedstawiciel GDF, po 1 przedstawicielu z ramienia SD elektrycznych i SD gazowych, 4 przedstawicieli narodowej rady kredytowej i prezes lub naczelny dyrektor narodowego banku rolnego.

Dyrektora narodowego banku elektr. i gazyf. mianuje minister skarbu po zasięgnięciu opinii ministra przemysłu.

Narodowy bank elektryfikacji i gazyfikacji w swej gospodarce finansowej i rachunkowej stosuje zasady ogólnie przyjęte w przedsiebiorstwach przemysłowych i handlowych i podlega opodatkowaniu.

Zyski, wygospodarowane przez poszczególne SD i przedsiębiorstwa publiczne, które zachowały prawo działalności, będą wpłacane częściowo na narodowy fundusz elektryfikacyjny bądź gazyfikacyjny w wysokości, określonej zarządzeniem ministrów przemysłu i skarbu po zasięgnięciu opinii rad EDF i GDF oraz rady zainteresowanej SD, częściowo zaś na otwarty rachunek instytucji wpłacającej, na jej własne cele inwestycyjne i rozwojowe. Zyski, wygospodarowane przez EDF i GDF, będą instytucje te wpłacać każda na swój rachunek otwarty, mający nazwę funduszu narodowego, elektryfikacyjnego bądź gazyfikacyjnego.

Fundusze narodowe będą używane przez EDF bądź GDF do finansowania ich własnych inwestycji oraz do udzielania długoterminowego kredytu poszczególnym SD i przedsiębiorstwom publicznym, zachowującym swe prawa działalności, na energetyczne potrzeby inwestycyjne i rozwojowe tych SD i przedsiębiorstw publicznych.

Do równomiernego rozłożenia różnych obciążeń, szczególnie charakteru podatkowego, oraz do celów rozrachunkowych tworzy się specjalny fundusz wyrównawczo-kompensacyjny. Fundusz ten będzie zasilany z wpłat dokonywanych przez poszczególne SD i przedsiębiorstwa publiczne, zachowujące swe prawa działalności. Wysokość wpłat określi zarządzenie ministrów przemysłu i skarbu po zasięgnięciu opinii ministra rolnictwa. Gospodarka funduszem wyrównawczo-kompensacyjnym jest powierzona specjalnemu komitetowi mieszanemu, wyłonionemu przez EDF i GDF. Skład tego komitetu określi dekret.

Czysta pozostałość wartości majątku, praw i zobowiązań, przejętych na mocy ustawy o upaństwowieniu przedsiębiorstw energetycznych, stanowi niezbywalny kapitał narodowy. Kapitał ten w wypadku wystąpienia strat eksploatacyjnych musi być uzupełniony z zysków późniejszych okresów operacyjnych.

Wolne są od wszelkich opłat stemplowych, rejestracyjnych, hipotecznych itp. wszelkie akty i umowy, zdziałane w celu wykonania przepisów niniejszej ustawy, rozdział obligacji, wydanych w charakterze odszkodowań za przejęcie z tytułu upaństwowienia, oraz sprzedaż energii i wymiana świadczeń pomiędzy poszczególnymi zakładami.

4. Kontrola działalności energetyki.

Kontrolę rachunkowości EDF, GDF, SD i narodowego banku elektr. i gazyf. sprawują komisarze, mianowani przez ministra skarbu spośród komisarzy, wciągniętych na listy sądów apelacyjnych. Wyniki ich kontroli w formie sprawozdań są podawane do publicznej wiadomości drogą oficjalnego ogłoszenia w dziennikach urzędowych jednocześnie z ogłoszeniem bilansów i rachunków strat i zysków poszczególnych instytucji i zakładów.

Specjalnym organem kontroli i nadzoru nad działalnością poszczególnych rad zarządzających banku, EDF, GDF i SD jest powołana jednocześnie do życia izba kontroli. Członkowie tej izby mianowani są dekretem na podstawie uchwały rady ministrów, powziętej na wniosek prezesa rady ministrów, Członkom tej izby nie wolno sprawować żadnej innej funkcji ani też wykonywać żadnego zawodu. Koszty izby i jej czynności pokrywa EDF i GDF według podziału, ustalonego przez ministra przemysłu. Praca izby polega na analizowaniu sprawozdań z działalności poszczególnych rad zarządzających i sprawozdań komisarzy. Z wyników tej analizy izba sporządza swą opinię, na której podstawie udzielać się będzie pokwitowania radom z ich działalności. Corocznie, najpóniej w 3 miesiące po otrzymaniu opinii, sporządzonych przez izbę kontroli, a w każdym ra-

zie przed dniem 31 grudnia roku następnego po zamknięciu okresu operacyjnego, minister przemysłu składać będzie w kancelarii parlamentu sprawozdanie o stanie gospodarki elektryfikacyjnej i gazowej. Do sprawozdania tego mają być dołączone: sprawozdania rachunkowe poszczególnych rad zarządzających, sprawozdania komisarzy kontrolujących rachunkowość i opinia izby kontroli oraz zarządzenia, wydane na podstawie tych sprawozdań przez organa, powołane do udzielenia pokwitowań z działalności.

5. Rada elektryfikacyjna i gazyfikacyjna.

Powołana zostaje do życia wyższa rada elektryfikacyjna i gazyfikacyjna. Początkowym zadaniem tej rady będzie opiniowanie i współpraca przy ustalaniu treści przepisów wykonawczych do ustawy o upaństwowieniu energetyki. Jakkolwiek bowiem ustawa jest obszerna, to wymagać będzie ona jeszcze obszerniejszych komentarzy i rozporządzeń, wprowadzających poszczególne jej postanowienia w życie.

Dalszą stałą funkcją rady ma być opiniowanie i współpraca przy opracowywaniu wszelkich późniejszych dekretów, zarządzeń i przepisów, dotyczących spraw energii elektrycznej i gazu.

Dodatkową kompetencją tej rady będzie wreszcie rozstrzyganie w ostatniej instancji wszelkich sporów pomiędzy różnymi instytucjami, powołanymi do życia z mocy tej ustawy, a władzami koncesjodawczymi.

W skład rady wchodzą w równej części przedstawiciele parlamentu, administracji, zbiorowości lokalnych, odbiorców energii, zarządów EDF i GDF oraz personelu, zatrudnionego w energetyce.

6. Postanowienia socjalne.

Różnorodność regulaminów pracy i przepisów, regulujących stosunek do pracy w energetyce francuskiej, nakazała ustawodawcy francuskiemu zajęcie się i tym tematem w ustawie o upaństwowieniu energetyki.

Ustawa postanawia, że w zakresie przepisów pracowniczych ma nastąpić ujednostajnienie. Obowiązek złożenia odpowiednich wniosków, jako podstawy do wydania dekretu w tej mierze, zostaje nałożony na ministrów: pracy i przemysłu, którzy mają zasięgnąć przed tym opinii związków zawodowych. Treścią tego dekretu będzie nowy statut pracy dla energetyki.

Statut ten nie może umniejszać praw pracowników czynnych i emerytowanych, nabytych przed ukazaniem się tej ustawy, lecz przeciwnie może prawa te polepszyć; statut ten zastąpi z mocy samego prawa postanowienia statutów lub umów dotychczasowych.

Nowy statut będzie miał zastosowanie do całego personelu, zatrudnionego w elektryfikacji i gazyfikacji zarówno w zakładach upaństwowionych, jak i wyłączonych spod upaństwowienia z mocy ustawy. Wyjątek stanowią robotnicy-górnicy, zatrudnieni w elektrowniach i koksowniach kopalnianych, oraz funkcjonariusze kolei żelaznych. Te dwie ostatnie grupy zachowują swoje statuty zawodowe, jeżeli nie zgłoszą odmiennych wniosków.

W statucie ma być przewidziany budżet, przeznaczony na cele polepszenia dotychczas istniejących urządzeń i instytucji opieki społecznej oraz powołanie do życia nowych. Rozdział tego budżetu i prowadzenie działalności różnych instytucji opieki społecznej będzie powierzony specjalnemu komitetowi narodowemu, złożonemu z delegatów komitetów przedsiębiorstw.

Pracownicy wszystkich szczebli, zatrudnieni przy eksploatacji i działalności przedsiębiorstw, podlegających upaństwowieniu, pozostają na przeciąg jednego roku na miejscu swej pracy i dotychczasowym stanowisku.

7. Uwagi ogólne.

Poza wyżej omówionymi główniejszymi postanowieniami ustawa zawiera jeszcze znaczną liczbę postanowień szczegółowych i drobniejszych (np. procedurę przejmowania przedsiębiorstw, będących obecnie pod zarządem państwowym, procedurę powoływania różnych organów i władz, procedurę wypłaty odszkodowań posiadaczom różnego rodzaju udziałów i akcji różnych przedsiębiorstw itp.).

Niezależnie od tego ustawa wymienia odrazu znaczną liczbę spraw, które mają być uregulowane osobnymi dekretami, zarządzeniami lub przepisami wykonawczymi, jak np. sprawa statutów indywidualnych dla EDF, GDF i banku elektr. i gazyf. oraz ujednostajnionych statutów dla terenowych SD; sprawa cedowania przez SD niektórych czynności wtórnych, jak wykonywanie przemysłu instalacyjnego, konserwacja instalacji i sprzedaż oraz wypożyczanie elektrycznych i gazowych przyrządów użytku domowego; sprawa podporządkowania się przemysłu wytwórczego aparatów elektrycznych i gazowych zasadom normalizacji tych urządzeń celem zmniejszenia różnorodności typów, a przez to ogólnego potanienia i podniesienia jakości i sprawności tych urządzeń, i szereg innych spraw.

J. Gn.

Naczelna Organizacja Techniczna

I.

Dotychczasowa działalność i nowe zadania stowarzyszeń technicznych

Streszczenie referatu prezesa N. O. T. inż. B. RUMIŃSKIEGO na zebraniu Komitetu Organizacyjnego N. O. T. w dniu 12. IV. 1947

1. Proces uprzemysłowienia krajów.

Techniczne procesy wytwarzania ulegają, podobnie jak i stosunki społeczne, ciągłym przeobrażeniom. Rękodzieło, technika maszynowa, elektryfikacja i chemizacja — to nie tylko poszczególne etapy rozwoju techniki, ale i wyraźne okresy rozwoju społecznego od drobnej gospodarki począwszy, przez potężne warsztaty wielkofabryczne i wielkokapitalistyczne, aż do gospodarki uspołecznionej i pełnego rozwoju sił wytwórczych.

Przemiany te najlepiej obserwujemy na przekształcaniu się w poszczególnych krajach gospodarki rolnej na gospodarkę przemysłową i odpowiednim procentowym ubytku ludności rolnej.

Do XX wieku liczba zatrudnionych w rolnictwie na całym świecie wynosiła $^3/_4$ ogółu ludności.

Ameryka, która na początku drugiej połowy XIX wieku zatrudniała w rolnictwie $^2/_3$ swej ludności, w ciągu drugiej połowy zmniejszyła odsetek ludności rolniczej poniżej 50%, a w ciągu ostatnich lat nawet poniżej 25%. W Związku Radzieckim, którego ludność zatrudniona w rolnictwie wynosiła jeszcze niedawno powyżej ¾ ogółu ludności, w ciągu 10 lat planowej gospodarki 1929 — 1939 odsetek ludności zatrudnionej w rolnictwie zmniejszył się do 51%.

Na Światowym Kongresie Techników w Paryżu w lipcu 1946 r. postawiono taką diagnozę:

a) Świat cierpi nędzę i niedostatek, bo nie korzysta z dobrodziejstw techniki. Na 800 milionów ludzi zatrudnionych tylko niecałe 300 milionów pracuje w przemyśle. Mechanizacja rolnictwa i przerzucenie przynajmniej 150 milionów zatrudnionych w rolnictwie do przemysłu, to najważniejsze reformy, które mogą przyczynić się do powiększenia dochodu narodowego.

b) Dochód narodowy jest wprost proporcjonalny do stopnia uprzemysłowienia, ściślej mówiąc do ilości wyprodukowanych kWh na głowę (najwyższa w USA, najniższa w Chinach).

c) Dalszy rozwój gospodarki świata wymaga racjonalnej eksploatacji nowych źródeł energii, a przede wszystkim

siły wodnej. Wykorzystanie naturalnych źródeł siły wodnej może dostarczyć światu ok. 4.000 miliardów kWh rocznie, tj. tyle, ile otrzymuje się obecnie energii ze wszystkich źródeł.

d) Przyszłość ludzkości jest ściśle związana z planową gospodarką i współpracą techniczną w ramach międzynarodowych.

2. Nowa rola i udział techniki w odbudowie kraju.

Polska należała do krajów najmniej uprzemysłowionych w Europie. Odsetek ludności rolniczej w Polsce wynosił ok. 70%, tj. prawie dwa razy tyle, ile średnia ludności rolniczej w Europie (36%). Na skutek zmian granic i przemian ludnościowych Polska stała się krajem o 56% ludności raolniczej, zbliżonym do przeciętnej normy świata (58,5%). Równocześnie jednak z przyłączeniem ziem odzyskanych otworzyły się przed nami, jak nigdy, perspektywy dalszego uprzemysłowienia kraju. A w najbliższym czasie na zasadzie planu trzyletniego ma przejść ze wsi do miast, z rolnictwa do przemysłu, rzemiosła, komunikacji i innych branż 1½ miliona ludzi. Odsetek ludności rolniczej zdąża do połowy ludności kraju.

Technika w przemianach tych odegra wybitną rolę. Jaka produkcja i jakie wyposażenie maszyn, jaka baza surowcowa i jakie ich wykorzystanie, jakie środki komunikacji i hierarchia ich rozbudowy, przemysł lekki czy przemysł ciężki, jaka normalizacja surowców i towarów, jaka racjonalizacja techniczna, jakie nowe badania na polu techniki i technologii, skąd i jak wyszkolić nowe kadry — oto pytania, które mają szeroki aspekt społeczny i stanowią dziś program państwowy o kapitalnym znaczeniu.

Jeśliby ktoś chciał scharakteryzować udział świata technicznego w pierwszych chwilach odrodzenia Polski, musiałby stwierdzić: a) powszechny i entuzjastyczny udział inżynierów i techników w obejmowaniu i uruchamianiu warsztatów pracy, b) brak zdecydowanej akcji ze strony starych organizacji technicznych przy budowaniu zrębów społecznych i politycznych nowej Polski. Obydwa te zjawiska mają swoje uzasadnienie.

3. Powstanie N. O. T. i jej działalność.

Trzeba było położyć kres dalszemu rozwojowi chaosu. Podjął się tego Komitet Organizacyjny N. O. T., ukonstytuowany z demokratycznych i bezpartyjnych działaczy świata technicznego, jak również z licznym udziałem przedstawicieli nauki.

Jako najważniejsze zadanie wysunięto: stworzenie jednolitej organizacji, opracowanie nowego programu działalności stowarzyszeń oraz dopasowanie starych organizacji do nowych warunków społecznych i gospodarczych. Planowej gospodarce i określonemu podziałowi na branże musi odpowiadać branżowy podział stowarzyszeń technicznych. Muszą zniknąć elitarne organizacje inżynierskie, odpowiadające ówczesnej elitarnej organizacji państwa i gospodarce kapitalistycznej. Coraz mniejszą rolę w życiu gospodarczym odgrywa inżynier-przedsiębiorca, który do niedawna był jeszcze głównym przedstawicielem świata technicznego. Na widownię występuje nowy typ inżyniera-organizatora i wykonawcy państwowego planu gospodarczego, którego zakres pracy i zadania znacznie przekraczają zagadnienia czysto techniczne.

Musi również nastąpić większa aktywizacja społeczna stowarzyszeń technicznych.

Domagając się powiązania inżyniera z planem, pragniemy ścisłej współpracy inżynierów ze wszystkimi technikami różnych specjalizacji, którzy w ramach branży ten plan opracowują. Dlatego też stoimy na stanowisku powszechności stowarzyszeń technicznych, obejmującej wszystkich techników i inżynierów. Zdajemy sobie sprawę, że o wykonaniu zadań decydować będzie nie tyle jednostka, jej inicjatywa i wynalazczość, ile zespołowa praca dziesiątków i tysięcy techników. I zdajemy sobie również sprawę, że w dzisiejszej organizacji gospodarki decydujący wpływ na program nauki i techniki wywierać będzie inicjatywa państwowa.

Opierając się na powyższych zasadach, tj. na branżowości, powszechności i ścisłym powiązaniu pracy organizacyjnej z państwem, N. O. T. przystąpiła do energicznej pracy, której jednoroczny bilans wyraża się jak następuje:

a) Zorganizowano 15 stowarzyszeń branżowych na terenie całego kraju, które obejmują ok. 12 tysięcy inżynierów i techników.

b) Zorganizowano Kongres Techników Polskich i przedyskutowano plan trzyletni.

c) Nawiązano kontakt z organizacjami technicznymi wielu krajów za granicą. Wzięto wybitny udział w tworzeniu Międzynarodowej Federacji Technicznej, do której prezydium wchodzi przedstawiciel Polski.

d) Zapoczątkowano organizację oddziałów N. O. T. i Domu Technika w Warszawie (przy ul. Czackiego 3/5).

e) Przystąpiono do skoordynowania pracy Stowarzyszeń: uregulowania i ujednolicenia statutów, regulaminów stowarzyszeń i N. O. T.

f) Zorganizowano aparat sekretariatu generalnego tj. kancelarię, rachubę, sprawy budżetowe i sprawy gospodarcze.

4. Zadania ogólne i program N. O. T. na rok 1947/48.

Zadania ogólne N. O. T. zostały postawione w deklaracji ideowej oraz statucie. Powiedzieliśmy: mobilizacja sił technicznych oraz ścisła organizacyjna współpraca z władzami państwowymi w odbudowie kraju. Mobilizacja techników została dokonana na kongresie . Rozpoczynamy teraz żmudną codzienną pracę wśród szerokich rzesz członków stowarzyszeń technicznych. Praca ta winna dotyczyć przede wszystkim zadań, związanych z programem stowarzyszenia, a więc rozwijanie zamiłowania do nauki i techniki, podtrzymywanie wysokiego poziomu etyki zawodowej, podnoszenie kwalifikacji i wykształcenia technicznego, jak również rozwiązywanie wszystkich zagadnień techniczno-gospodarczych w służbie publicznej. Oto kilka z tych zagadnień:

a) Praca nad realizacją planu trzyletniego. Kongres dał olbrzymie bogactwo materiału, który nie jest dotąd przepracowany i wykorzystany. Trzeba przepracować go szerzej i udostępnić szerokiej opinii społeczeństwa, jak również wykorzystać do dalszej dyskusji i analizy w poszczególnych stowarzyszeniach. Projektujemy wydanie dwóch tomów z przebiegu Kongresu: I-szy tom w kwietniu, II-gi na początku września rb.

W związku z powyższym poszczególne stowarzyszenia będą musiały w terminie do dnia 1. VIII. 1947 r. powtórnie przepracować zebrane przez nas materiały, a więc zredagować referat zbiorczy w jak najbardziej zwięzłej formie, następnie przebieg dyskusji i wreszcie wnioski *).

b) Powstaje konieczność rozbudowy naszych kadr technicznych. W Ameryce na 500 ludzi przypada jeden inżynier. W Polsce potrzeba by było około 50.000 inżynierów i techników. Trudno będzie w najbliższych latach zaspokoić takie zapotrzebowanie. Ale trzeba zewrzeć siły w jednej organizacji i wykorzystać całą energię i doświadczenie naszych inżynierów do dalszego szkolenia i podniesienia poziomu techniki i wykształcenia zawodowego techników. Trzeba pokryć całą Polskę siecią organizacji technicznych, które koncentrować się będą w okręgowych oddziałach N. O. T-u i nowotworzonych domach technika, które stać się winny widomym znakiem oddziaływania kultury technicznej w terenie. Dotąd zorganizowano 6 oddziałów N. O. T-u. Na porządku dziennym stoi również sprawa uaktywnienia się społecznego inżynierów, współpracy ze związkami zawodowymi, jak również udział w samorządach, radach narodowych i instytucjach społecznych. Tego wymaga industrializacja kraju i nowa rola społeczna inżyniera.

Organizacje techniczne muszą działać planowo i w ramach jednolitego programu. Obejmujemy w tej chwili około 15 różnych organizacji technicznych. Pozostało niewiele do zrobienia, jeżeli chodzi o powstanie nowych organizacji branżowych. Natomiast nowo zorganizowane stowarzyszenia nie obejmują wszystkich zainteresowanych inżynierów i techników. Musimy w ciągu nadchodzącego roku powiększyć liczbę członków organizacji technicznych ze stanu obecnego około 12.000 do 20.000. Chcemy w najbliższym czasie zorganizować jeszcze 3—4 oddziały m. in. w Warszawie i Katowicach.

*) SEP już to zadanie wykonał w całości przez wydanie specjalnego zeszytu Przeglądu Elektr. (zesz. 4 z grudnia 1946 r.). Przyp. red.

c) Trzecie nasze zadanie, to wzmocnienie organizacji na zewnątrz i skoordynowanie działalości stowarzyszeń. Dyscyplina organizacyjna i podporządkowanie się zadaniom nakreślonym przez N. O. T. jest jeszcze słabe. Niektóre nasze organizacje wykazują w pewnych okresach niezwykle dużą aktywność, w innych następuje zahamowanie pracy, a nawet zupełny marazm. Każde stowarzyszenie musi opracować plan pracy, akceptowany przez zarząd stowarzyszenia i uzgodniony z N. O. T-em.

Również zagadnieniem dużej wagi jest skoordynowanie i wypracowanie jednolitego programu akcji wydawniczej, prowadzonej przez poszczególne stowarzyszenia. To samo odnosi się do normalizacji technicznej, współpracy z zagranicą, jak również wszelkich prac o charakterze naukowo-technicznym. Istnieją duże różnice w formach organizacyjnych poszczególnych komisji w różnych stowarzyszeniach. Zupełnie inne komisje posiada np. dobrze zorganizowany z najlepszymi tradycjami S. E. P., a zupełnie inne pozostałe stowarzyszenia.

Trzeba będzie zebrać nasze doświadczenia ze wszystkich stowarzyszeń i organizacji, uwzględnić formy organizacyjne zagranicy i na podstawie tych wzorów ustalić formy i stan poszczególnych komisyj, jak również ich programy na przyszłość. W tym celu zostanie powołana przy N. O. T. Główna Komisja Programowa.

d) Dużą wagę przywiązujemy do współpracy z zagranicą. W tej chwili mamy już liczne kontakty z organizacjami we Francji, Anglii, Czechosłowacji, jak również bliską współpracę z Międzynarodową Federacją Techniczną. Współpraca z zagranicą musi koncentrować się obecnie na zagadnieniach normalizacji i dokumentacji technicznej. Szczególnie szerokie stosunki musimy nawiązać z sąsiadami, tj. Związkiem Radzieckim i Czechosłowacją.

W związku z rozszerzeniem się działalności technicznej przystępujemy do zorganizowania w Warszawie redakcji „Przeglądu Technicznego". Co się tyczy wydawnictw technicznych, to sprawa ta dotąd nie została przepracowana. Musi nastąpić znaczne rozszerzenie i reorganizacja dotychczasowego składu Komisji Wydawniczej. Zdajemy sobie sprawę, że praca na tym odcinku będzie niezwykle utrudniona na skutek wielotorowości i olbrzymiej ilości ośrodków dyspozycyjnych. Będziemy chcieli w początkowym etapie naszej pracy jedynie skoordynować działalność wydawniczą, jak również wystąpić z inicjatywą zespołowego opracowania programu wydawnictw technicznych na najbliższy okres 3-letni.

e) Rozwój N. O. T. i stowarzyszeń technicznych zaczyna wchodzić w okres stabilizacji. W związku z tym musimy uregulować sprawy finansowe i oprzeć się na samodzielności i własnych funduszach. Trzeba będzie określić wyraźnie wpływy i składki członków na rzecz stowarzyszeń do Naczelnej Organizacji.

Kierownictwo N. O. T-u spoczywa w rękach tymczasowego Komitetu Organizacyjnego, który przygotowuje się również do przekazania w najbliższych miesiącach swojej funkcji w ręce prezydium, wyłonionego na podstawie obowiązujących przepisów statutowych. Rada główna N. O. T. powinna ukonstytuować się najpóźniej w miesiącach letnich. Wczesną jesienią wyłoni się już i obejmie władzę nowy zarząd Naczelnej Organizacji Technicznej.

II.

Sprawozdanie z działalności Naczelnej Organizacji Technicznej,

złożone na zebraniu Komitetu Organizacyjnego N. O. T. 12. IV. 47. (wyciąg)

Organizacje stowarzyszeń. Zorganizowano 15 stowarzyszeń technicznych, które na 1 stycznia rb. liczyły 11.650 członków, zgromadzonych w około 120 oddziałach na terenie kraju.

W szczególności liczba członków poszczególnych stowarzyszeń na dzień 1. 1. 1947 r. wynosiła:

1) Stowarz. Inż. i Techn. Komunikacji	—	2070
2) Stowarz. Inż. i Techn. Przem. Węglowego	—	1799
3) Stowarz. Inż. i Techn. Przem. Hutniczego	—	1200
4) Stowarz. Elektryków Polskich	—	975
5) Stowarz. Techników Przem. Spożywczego	—	790
6) Stowarz. Prac. Techn. Przem. Cukrowniczego	—	665
7) Stowarz. Inż. i Techn. Przem. Włókienniczego	—	600
8) Stowarz. Inż. i Techn. Wodno-Meliorac.	—	574
9) Polskie Zrzeszenie Gazown., Wod. i Techn. San.	—	529
10) Stowarz. Inż. i Techn. Przem. Chemicznego	—	481
11) Stowarz. Inż. i Techn. Przem. Paliw. Płynnych	—	450
12) Stowarz. Inż. i Techn. Przem. Min. i Mat. Bud.	—	350
13) Stowarz. Inż. i Techn. Mechaników Polskich	—	329
14) Stowarz. Inż. i Techn. Budownictwa	—	94
15) Stowarz. Inż. i Techn. Przem. Papierniczego	—	80

Liczby zorganizowanych inżynierów i techników w poszczególnych województwach:

Śląsko-Dąbrowskie	—	3157
Warszawskie	—	1235
Łódzkie	—	897
Krakowskie	—	874
Poznańskie	—	750
Rzeszowskie	—	508
Pomorskie	—	496
Gdańskie	—	395
Wrocławskie	—	362
Lubelskie	—	199
Kieleckie	—	119
Szczecińskie	—	62
Olsztyńskie	—	60

W uzupełnieniu organizacji pionowej, przewidujemy stworzenie organizacji poziomej, która ma za zadanie umożliwić pracę grupom technicznym, rozproszonym na terenie kraju. W tym celu przystąpiliśmy do organizowania Oddziałów N. O. T. Komitety Organizacyjne Oddziałów powstały w Gdańsku, Poznaniu, Łodzi, Bydgoszczy, Krakowie, Wrocławiu. Trzeba stworzyć regulamin Oddziałów N. O. T. oraz zorganizować dalsze Oddziały przede wszystkim w Katowicach i Warszawie.

Kongres Techników Polskich. Na Kongres zgłosiło się około 9.000 kandydatów, a wzięło udział ponad 3500 inżynierów i techników.

Początkowy preliminarz ustalono na 7,5 miliona złotych, następnie podniesiono go do 10 milionów.

Całość kosztów kongresowych zamyka się kwotą 11,5 miliona złotych, w tym 1.600.000 zł wydatkowano na remont sali.

Kontakty zagraniczne. Zapoczątkowano je na Kongresie Technicznym w Paryżu we wrześniu 1946 r. Została wówczas zorganizowana Międzynarodowa Konferencja Techniczna, jako tymczasowa organizacja świata technicznego. Przewiduje się zorganizowanie stałej federacji technicznej. Polska została wybrana do komitetu wykonawczego Konferencji Technicznej i miała możność wejść w bezpośredni kontakt z delegatami wielu krajów. W komitecie wykonawczym biorą udział przedstawiciele 9 krajów, do Konferencji Technicznej wchodzi około 30 krajów. Delegacji polskiej udało się przeprowadzić polski punkt widzenia w szeregu kwestii. Na stanowisko sekretarza generalnego Konferencji został powołany na wniosek delegacji polskiej, wielki przyjaciel Polski, inż. Picard.

Nie mogliśmy doprowadzić do stałego kontaktu, jaki jest potrzebny naszym stowarzyszeniom. Zagadnienie jest skomplikowane ze względu na trudności komunikacyjne i istniejące ograniczenia w stosunkach międzynarodowych.

Odbudowa Domu Technika w Warszawie przy ulicy Czackiego. N. O. T. zleciła przeprowadzenie odbudowy specjalnej komisji. Prowizoryczny kosztorys wynosi około 50 milionów zł. Przystąpiono do przeprowadzenia remontu części budynku (frontu). Da to do użytku około 24 pokojów i dużą salę na zebrania, mieszczącą około 600 osób. Ta faza rozbudowy będzie ukończona w lipcu br. Koszty wyniosą 21 milionów zł. Koszty odbudowy oficyn będą wynosiły 30 milionów zł. Uzyskano z kredytów Min. Odbudowy 8 milionów i obietnicę Min. Komunikacji na subwencję w wysokości 5 milionów zł.

Organizacja biura. W ubiegłym roku N. O. T. korzystał z subwencji w wysokości 12.473.954 zł; w związku z odbywającym się Kongresem zaciągnięto pożyczkę w przemyśle węglowym i hutniczym w wysokości 2 milionów zł. Suma wydatków wyraża się sumą około 14,5 milionów; w tym są wydatki kongresowe. Na majątek ruchomy wydatkowano około 1.250.000 zł (inwentarz, urządzenia biurowe, środki transportowe itp.). Wynagrodzenie personelu biurowego i kongresowego (zatrudn. było ok. 100 osób) 3.500.000 zł.

Na rok 1947 Min. Przemysłu udzieliło NOT-owi subwencji w wysokości 300.000 zł miesięcznie oraz 1 milion na wydawnictwa kongresowe.

Na rok 1947 przewiduje się następujący preliminarz:

Wydatki organizacyjne, w tym subwencje dla Oddziałów N. O. T.	530.000 zł
Komisja Wydawnicza i przejazdy służbowe	100.000 „
Wydatki związane z Komisją Zagraniczną	1.400.000 „
Komisja kongresowa (zjazdy)	100.000 „
Akcja prasowa, propaganda	350.000 „
Komisja odbudowy Domu Technika	100.000 „
Koszty zakupu inwentarza stałego	156.000 „
Wydatki osobowe (pobory, ubezpieczenia, koszty i konserwacja samochodów i inne)	6.264.000 „
Różne	600.000 „
Razem	9.600.000 zł

Personel sekretariatu składa się z 22 osób.

III.

Uchwały Komitetu Organizacyjnego Naczelnej Organizacji Technicznej, powzięte na zebraniu 12. IV. 1947

(Streszczenie)

1. W sprawie komisji głównych N. O. T.

W celu koordynacji w ramach N. O. T. prac, prowadzonych przez stowarzyszenia w sekcjach i komisjach, poleca się stowarzyszeniom i prezydium N. O. T.:

a) Zorganizować Główną Komisję Wydawniczą, w której skład wejdą czołowi reprezentanci akcji wydawniczej stowarzyszeń branżowych. Zadaniem Komisji jest ułożenie projektu planu akcji wydawnictw technicznych, oraz ocena i koordynacja w przeprowadzaniu wydawnictw technicznych.

b) Zorganizować Główną Komisję kontaktów z zagranicą (na zasadach jak w p. 1), której zadaniem będzie układanie planu kontaktów z zagranicą dla wszystkich stowarzyszeń zrzeszonych w N. O. T. i wystąpienie do miarodajnych czynników państwowych z prośbą o ułatwienie realizacji planu.

c) Zorganizować w Polsce Ośrodek klasyfikacji dokumentacji technicznej w oparciu o stowarzyszenia branżowe, jako jednolity ośrodek dyspozycyjny dla tej akcji, prowadzonej za pośrednictwem stowarzyszeń oraz upoważnionych instytucji i osób.

d) Zorganizować przy N. O. T. Główną Komisję Programową (na zasadach jak w p. 1), której zadaniem będzie rozpatrzenie zagadnienia prac komisyjnych w stowarzyszeniach, nadawanie im ogólnego kierunku zgodnie z wymaganiami państwa, branży i techniki, a w szczególności ustalanie lub akceptowanie tematyki zjazdów naukowo-technicznych, polityki stowarzyszeń w zakresie akcji odczytowej itp.

e) W skład komisji głównych wejdą: przewodniczący, powołany przez prezydium N. O. T., miarodajni reprezentanci stowarzyszeń, oraz osoby dokooptowane zgodnie ze statutem.

2. W sprawie Kongresu Techników Polskich.

a) Wyrazić swe uznanie i gorące podziękowanie członkom komitetu organizacyjnego Kongresu, przewodniczącym, prezydiom i referatom generalnym sekcji branżowych, którzy, pracując honorowo, przyczynili się do przeprowadzenia sprawnej i na wysokim poziomie utrzymanej dyskusji w sekcjach.

b) Akceptować program wydawnictw kongresowych, polegający na wydaniu przez N. O. T. dwu tomów, zawierających sprawozdania z obrad plenarnych, rezolucje i wnioski sekcji oraz na przekazaniu dla prasy branżowej pozostałych materiałów. Zlecić stowarzyszeniom dodatkowe rozpatrzenie wniosków oraz ostateczne zredagowanie ich działów branżowych do dnia 1. VIII. 1947 roku.

3. W sprawie budżetów, subwencji i składek oraz zapomóg dla prasy technicznej.

a) Stowarzyszenia branżowe co miesiąc, od dnia 1. VII. 1947 r. począwszy, winny odprowadzać na rzecz N. O. T. 10% swych wpływów ze składek członkowskich, licząc od całkowitej składki miesięcznej członków stowarzyszenia zarówno fizycznych, jak zbiorowych lub współdziałających.

b) Upoważnić prezydium do przedstawienia czynnikom miarodajnym sprawy subwencji dla prasy technicznej, albowiem rozwój, a zwłaszcza podniesienie poziomu prasy technicznej są niezbędne dla rozwoju i podnoszenia techniki w kraju.

c) Upoważnić prezydium N. O. T. do poparcia starań stowarzyszeń o uzyskanie od rządu subwencji na prowadzenie akcji odczytowej, zjazdowej, wydawniczej itp., która przyczynia się wybitnie do realizacji planu gospodarczego odbudowy.

4. W sprawie domów technika.

Uzyskanie dla stowarzyszeń technicznych odpowiednich warunków lokalowych jest podstawą rozwoju stowarzyszeń i współżycia koleżeńskiego inżynierów i techników wszystkich branż, czynników koniecznych i wybitnie współdziałających z realizacją planu odbudowy.

Uchwalono upoważnić prezydium N. O. T.: a) do podjęcia potrzebnych kroków, zmierzających do przekazania na rzecz stowarzyszeń branżowych wszystkich domów lub lokali, będących własnością tych stowarzyszeń przed wojną, a na rzecz N. O. T. wszystkich lokali lub domów, stanowiących własność niezalegalizowanych dotąd terenowych i innych organizacji technicznych; b) do zwrócenia się z apelem do wszystkich inżynierów i techników o zbieranie funduszów na odbudowę Domu Technika w Warszawie.

5. W sprawie współpracy ze Związkami Zawodowymi.

Między N. O. T. a Komisją Centralną Związków Zawodowych ustalono, że sprawy zawodowe i obrona interesów zawodowych świata pracy leżą w sferze zainteresowań i odpowiedzialności Związków Zawodowych, sprawy zaś związane z rozwojem i zagadnieniami nauki i techniki w sferze zainteresowań stowarzyszeń technicznych. Komitet Org. N. O. T. uważa za konieczne, by przedstawiciele stowarzyszeń branżowych weszli do sekcji technicznych związków zawodowych w celu pogłębiania współpracy między związkami zawodowymi i ruchem stowarzyszeń technicznych oraz inżynierami i technikami i wzywa wszystkie stowarzyszenia, aby: a) prowadziły aktywną działalność propagandową 3-letniego planu, oświatową i szkoleniową dla członków związków zawod. i w porozumieniu z nimi; b) wszelkie poczynania w zakresie obrony interesów zawodowych kierować do sekcji technicznych związków zawodowych.

6. W sprawie projektów inwestycyjnych na 1948 r.

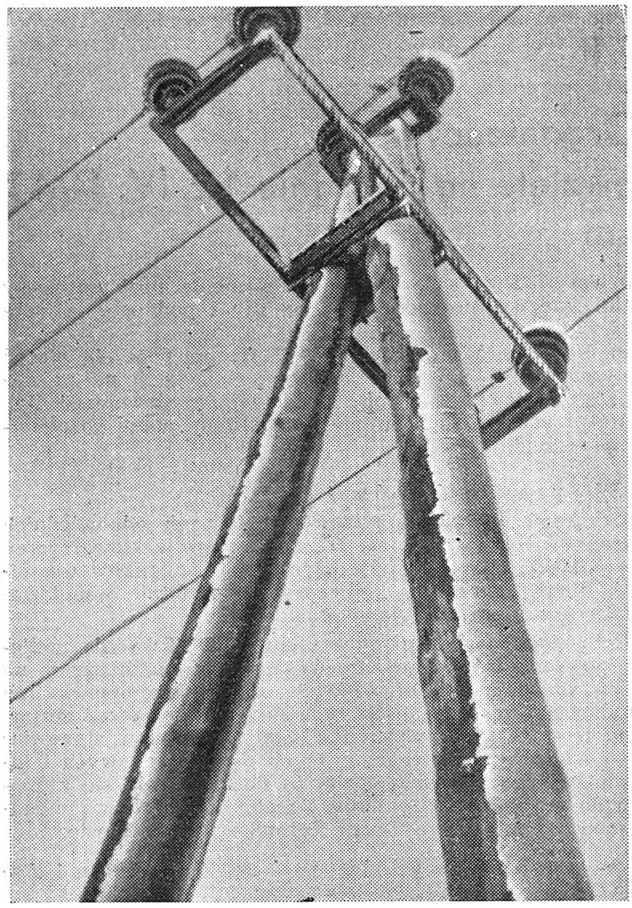
Wobec zarządzonego przez ministerstwo przemysłu przygotowania projektu inwestycji krajowych na rok 1948 uchwalono: stowarzyszenia branżowe przygotują projekty i preliminarze i przeprowadzą szeroką dyskusję projektów inwestycyjnych.

7. W sprawie szkolnictwa technicznego.

Przedstawiciele N. O. T. nie biorą udziału w pracach nad organizacją szkolnictwa wówczas, gdy wyłaniają się projekty nie odpowiadające potrzebom przemysłu. Uchwalono: N. O. T. stworzy Komisję Szkolnictwa Technicznego, reprezentowaną w Radzie Szkolnej Szkół Wyższych.

Niezwykły przypadek osadów lodowych na przewodach w naszym klimacie

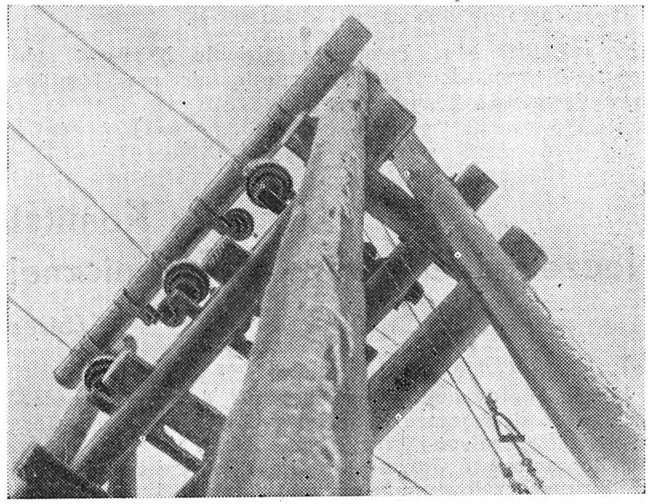
W dniach 18—21 listopada 1946 r. na terenie Zjednoczenia Energetycznego Okręgu Lubelskiego zdarzyły się wyjątkowe warunki atmosferyczne, które były przyczyną zakłóceń w ruchu sieci wysokiego napięcia. Od wczesnych godzin rannych dnia 18. XI. 46 r. niemal przez całą dobę padał deszcz przy temperaturze około —1° C, skutkiem czego na słupach, konstrukcjach, izolatorach i przewodach zaczęły się tworzyć osady lodowe. Rys. 1, 2 i 3 pozwalają



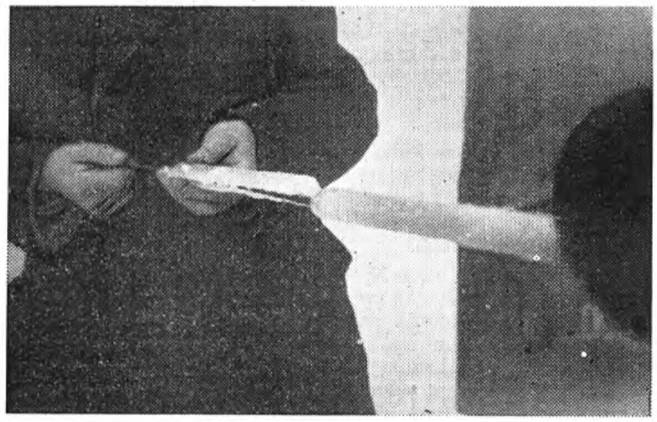
Rys. 1. Słup linii na 30 kV

w pewnej mierze zdać sobie sprawę z wielkości tych osadów, przy czym należy zaznaczyć, że zdjęcia zostały dokonane dopiero w południe 20 listopada po parogodzinnej operacji słonecznej, kiedy sadź uległa już znacznemu zmniejszeniu, zwłaszcza na konstrukcji i izolatorach. Na izolatorach sople lodowe w dniach 18 i 19 listopada sięgały konstrukcji i powodowały przeskoki.

Sadź na przewodach osiągnęła niezwykłą grubość i wagę. Np. na przewodzie Cu 25 mm² (rys. 3) zewnętrzna średnica „rury lodowej" dochodziła do 5 centymetrów. Waga takiego osadu wynosiła 1,75 kg/m. b., a przypomnijmy tutaj, że według obowiązujących obecnie „Przepisów technicznych na linie elektryczne prądu silnego" z 1932 r. wagę „sadzi katastrofalnej" (tzn. dwukrotnej „sadzi normalnej") należy przyjmować dla przekroju 25 mm² w wysokości 1,02 kg/m. b., według zaś nowego projektu przepisów na linie napowietrzne (PE, 1946, z. 2, str. 72) nawet tylko 0,904 kg/m. b. Pod wpływem nadmiernych obciążeń prze-



Rys. 2. Słup linii na 30 kV



Rys. 3. Zerwany przewód miedziany o przekroju 25 mm²

wody w kilku miejscach sieci uległy zerwaniu, powodując przerwy w dostawie energii.

Oblodzenie słupów, zwłaszcza w dniach 18 i 19 listopada, wymagało od ludzi nadzwyczajnej zręczności przy wchodzeniu na słupołazach. W dniu dokonania zdjęć fotograficznych warunki te uległy poprawie, gdyż po operacji słonecznej „płaszcze lodowe" opadły ze słupów od strony południowej.

Widok krajobrazu, tj. drzew, krzewów itp. oraz urządzeń sieciowych, jak słupy, konstrukcje, izolatory, przewody, był bardzo efektowny, lecz skutki były dla ruchu sieci i dla personelu pogotowia technicznego bardzo przykre.

Inż. Stanisław Wiśniewski

Nadesłane wydawnictwa

TECHNIKA W SŁUŻBIE DEMOKRACJI. Wydane przez Naczelną Organizację Techniczną sprawozdanie z Kongresu Techników Polskich w Katowicach (1—3 XII. 1946). Tom I. Plenum Kongresu. Warszawa. 1947. Nakładem Komisji Wydawniczej N. O. T. (Warszawa, ul. Lwowska 17). Form. A5, str. 189. Cena 160 zł. — Książka zawiera pełne teksty przemówień i referatów, wygłoszonych na plenarnych posiedzeniach Kongresu, a zamieszczonych w streszczeniu w zesz. 4 „Przeglądu Elektrotechnicznego" z 1946 r.; ponadto w książce znajdują się w całości wszystkie dalsze przemówienia, jak np. wojewody śląsko-dąbrowskiego gen. A. Zawadzkiego, gości zagranicznych i in., jak również rezolucja generalna Kongresu w pełnym brzmieniu. Do referatu prof. Goetla o surowcach mineralnych Polski jest dodana mapka. Prócz tego książka zawiera szereg ilustracji i ma ozdobną okładkę.

BIBLIOTEKA WIEDZY TELEKOMUNIKACYJNEJ. Myśl stworzenia tego wydawnictwa powstała na terenie spółdzielni „Grupa Techniczna" w Warszawie w najcięższych latach okupacji. Zapoczątkowane prace uległy zniszczeniu podczas powstania. Po wojnie podjęto pracę na nowo na terenie Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego przy poparciu ministerstwa poczt i telegrafów. Zadaniem BWT jest dostarczenie polskiemu światu telekomunikacyjnemu zbioru podręczników, obejmujacych — w miarę możności — całość zagadnień telekomunikacyjnych łącznie z problemami eksploatacyjnymi oraz z dziedzinami spokrewnionymi z telekomunikacją. Ujęcie tematu w poszczególnych książkach jest takie, aby w zasadzie były one dostępne wszystkim osobom, posiadającym średnie wykształcenie zawodowe lub ogólnokształcące. Temat niektórych książek nie pozwala jednak na przestrzeganie tej zasady w całej rozciągłości; dotyczy to w szczególności tematów, w których nie da się uniknąć posługiwania się, w większym niż gdzie indziej stopniu, narzędziem matematyki.

Przewiduje się, że BWT obejmie szereg dzieł z dziedziny podstaw telekomunikacji, materiałów i elementów, techniki przenoszenia przewodowego, radiokomunikacji, techniki łączenia, elektroakustyki, różnych systemów telekomunikacyjnych i szeregu innych. Każdy dział będzie reprezentowany przez kilka książek.

W ramach „Biblioteki Wiedzy Telekomunikacyjnej" dotychczas ukazały się następujące dzieła:

Inż. K. Borkowski. Systemy telefonicznych central automatycznych miejskich. Tom I. Systemy elektromagnesowe. 324 + XVI str. (w atlasie 28 schematów). Tom II. Systemy maszynowe i przekaźnikowe. 240 + XVI str. (w atlasie 27 schematów).

S Jasiński. Akumulatory elektryczne (284 str.).

Inż. F. Nowicki. Centrale międzymiastowe. 332 + XVI str. (w atlasie 36 schematów).

Do nabycia w Biurze Wydawnictw Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego, Warszawa, Ratuszowa Nr 11, oraz w księgarniach.

Nelkon M. Principles of Technical Electricity. 189 rys., 240 str., format A5. London and Glasgow. Blackie & Son Limited. Cena 17 s. 6 d.

Baran Ignacy, inż. Światło i praca. Z 13 rys. w tekście. 60 str., format A5, Warszawa. 1946. Wydawnictwo Ministerstwa Pracy i Opieki Społecznej, seria ochrony pracy, Nr 5. Cena 70 zł. Spis rzeczy: I. Wiadomości ogólne o oświetleniu (1. Właściwości światła. — 2. Oświetlenie a bezpieczeństwo pracy. — 3. Rentowność racjonalnego oświetlenia). — II. Światło naturalne (1. System oświetlenia naturalnego i jasność. — 2. Zalety i wady oświetlenia naturalnego).— III. Światło sztuczne (1. Systemy oświetlenia sztucznego. — 2. Dobór jasności i barwy oświetlenia. — 3. Obliczanie jasności wnętrz. — 4. Zwiększanie jasności wnętrz. — 5. Równomierność oświetlenia).

Sypniewski Roman, inż. mech. Zarys wiadomości o metalach i stopach przemysłowych. 93 rys. XLIII tablice, XVI + 280 str., form. A5. Warszawa. 1947. Nakładem Instytutu Wydawniczego SIMP. (Biblioteka Mechanika, Ser. III, nr 1). Cena zł 600. — Młodzież szkolna przy zgłoszeniach zbiorowych korzysta z ceny ulgowej zł 450. — Spis rzeczy Wiadomości wstępne. A. Ogólne własności metali i stopów. I. Własności fizyczne. II. Własności mechaniczne. III. Własności technologiczne. IV. Własności chemiczne. — B. Nadawanie metalom szczególnych własności. I. Własności stopów. II. Zmiana własności metali i stopów przez obróbkę plastyczna. III. Zmiana własności przez obróbkę cieplną. — C. Wytwarzanie metali przemysłowych. I. Rys historyczny. II. Wyrób żelaza i stali. III. Technologia metali półszlachetnych. IV. Wytwarzanie stopów. V. Odlewanie wlewków. VI. Ceramiczne wytwarzanie stopów metali. — D. Metale i stopy przemysłowe. I. Stal. II. Staliwo. III. Żeliwo IV. Żeliwo ciągliwe. V. Glin i jego stopy. VI. Magnez i stopy ultra-lekkie. VII. Miedź i jej stopy. VIII. Nikiel i jego stopy. IX. Stopy kobaltu, wolframu, tantalu, tytanu i molibdenu. X. Cynk i jego stopy. XI. Cyna i jej stopy. XII. Ołów i jego stopy. XIII. Stopy łatwotopliwe, lutowia miękkie i twarde. XIV. Metale szlachetne i ich stopy. XV Inne metale. — Literatura. Spis nazwisk. Skorowidz rzeczowy. — Książka opracowana przy wyzyskaniu rękopisów pracy prof. Edwarda Herzberga „Zarys wiadomości o metalach". Zarządzeniem ministra oświaty Nr III UP-3150/46 z d. 3. I. 47 wydawnictwo niniejsze zostało zatwierdzone, jako książka pomocnicza dla uczniów i nauczycieli liceów mechanicznych oraz do bibliotek szkół zawodowych grupy metalowej.

C. H. C. Cooke. Alternating Current Practice. A handbook for those engaged in electrical installation work. London. Crosby Lockwood & Son Ltd. Revised Edition 1946. Contents: Introduction. — I. Elementary considerations on alternating currents. — II. Joint effects of capacity and inductance. — III. Alternating current circuits. — IV. Alternating current motors. — V. Alternating current motors (continued). — VI. Starting of alternating current motors. — VII. The alternating current transformer. — VIII. Rectifying and converting plant. — IX. Power factor correction. — X. Electrical measuring instruments. — XI. Some relative advantages of alternating current and direct current. (232 str., form. A 5. Cena 15 szyl.).

D. W. Hinde and E. Ingham. Principles of Direct Current Electric Traction. A book for tramway, trolleybus and railway engineers and personnel and all students of electric traction. — With 179 illustrations. London. George Newnes Limited. 1946. Contents: I. Introduction. — II. Traction motors. — III. The control of tramway and trolley-bus motors. — IV. The control of railway motors. — V. Braking and auxiliaries. — VI. Power supply and collection. — VII. Rolling stock. — VIII. Diesel-electric traction. — IX. Testing and maintenance. — X. Metadyne traction equipment. — Index. (248 str., form. A 5. Cena 15 szyl.).

Przegląd Mechaniczny. Rok VI, zesz. 1, styczeń 1947 r. Łódź — Warszawa. Jest to pierwszy powojenny numer czasopisma wznowionego po 7-letniej przerwie jako miesięcznik i jako organ Centralnego Zarządu Przemysłu Metalowego i Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Mechaników Polskich.

Życie Gospodarcze. Rok II. nr 9a, 31. V. 47, 32 str. Numer poświęcony przemysłowi elektrotechnicznemu. Treść: Żarnecki T. Zamierzenia przemysłu elektr. a ich realizacja. — Ostrowski T. Znaczenie przemysłu elektr. dla gospodarki narodowej w Polsce. — Basiński E. Podstawy organizacji przemysłu elektr. — Knysz J. Przemysł elektr. w dobie przedwojennej i obecnej. — Borowy M. Zagadnienia techniczne w przemyśle elektr. — Ustynowicz R. Przemysł elektr. na ziemiach odzyskanych. — Smoluchowski W. Zagadnienie produkcji wielkich maszyn elektrycznych. — Gogolewski Z. Zagadnienie surowcowe przemysłu elektromaszynowego. — Przemysł elektromaszynowy dla energetyki w dziale wielkich napraw i remontów. — Friling W. Praca akordowa w świetle układów zbiorowych przemysłu elektr. — Szczypiorski S. Polski przemysł aparatów elektrycznych. — Gurflowska B. Prace wydziału socjalnego w CZPEl. — Moskalewski. T. Polski przemysł kabli i przewodów. — Hornziel G. Elektromobile akumulatorowe. — Turowski M. Zagadnienie informacji technicznej. — Kossakowski K. Polski przemysł żarówkowy.— Rotkiewicz W. Odbudowa przemysłu radiotechnicznego w Polsce.

Annales de l'Academie Polonaise des Sciences Techniques — Rocznik Polskiej Akademii Nauk Technicznych. Tome VII, 1939—1945. Jest to pierwszy tom, wydany po wojnie. Z przedmowy dowiadujemy się o utracie w okresie wojennym następujących członków akademii: Bartel K., Grabowski L., Łomnicki A., Morozewicz J., Przeborski A., Wertenstein L. (wydz. fiz. mat.), Bratro E., Bryła St. Chmielowiec A., Lalewicz M., Matakiewicz M., Pszenicki A., Różański A., Rundo A., Sosnowski O., Thullie M., Wasiutyński A., Wątorek K., Węgiel K. (wydz. inż.), Chrzanowski W., Hauswald E., Krukowski W., Studniarski J., Trechciński R., Witkiewicz R., Zwierzchowski St. (wydz. mech.). Dziewoński K., Kling K. Kosiński I., Malsburg K., Marchlewski L., Pilat St., Smoleński K., Wowkonowicz R. (wydział technol.). — Spis rzeczy: F. Leja. Sur le domaine de convergence des series de polynômes

homogènes à deux variables. — A. Krupkowski and J. Wantuchowski. Influence of the gauge-length and shape of test-pieces upon the elongation at fracture.— M. Jeżewski et M. Mięsowicz. Étude des compteurs de Geiger-Müller. — M. Czyżewski. Confirmation of coefficient of heat transfer in a coupola and time required to heat and melt the metal. — W. Wierzbicki. La sécurité des constructions comme un problème de probabilité. — M. Broszko. On the problem of turbulence and on the foundations of hydromechanics. — W. Budryk. Interprétation théorique des courbes de lavabilité. — A. Krupkowski. The deformation of plastic metals by strain. — A. Krupkowski et A. Piotrowski. De l'oxydation de l'étain et du bronze liquide à 10% Sn. — H. Kuczyński, E. Sucharda and Troszkiewiczówna. On direct producing p-amino-phenol-compounds from aromatic nitro-compounds. — Z. Skrowaczewska and E. Sucharda. On a new method of sulphonating aromatic amines.

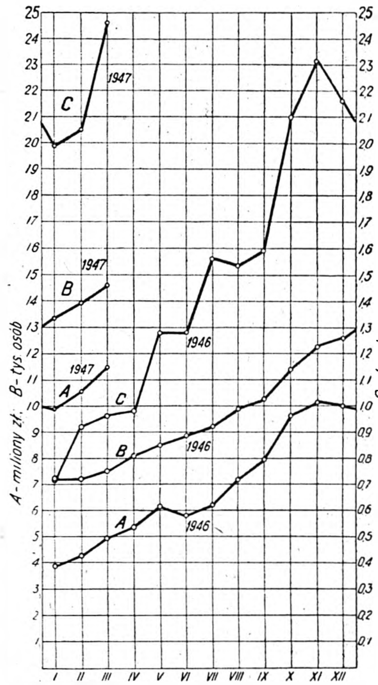
Elektrotechnika. Organ oficjalny Węgierskiego Stowarzyszenia Elektrotechnicznego. Miesięcznik, wydawany w Budapeszcie w języku węgierskim. W trzech pierwszych zeszytach z 1947 r. (styczeń, luty, marzec) znajdujemy następujące większe artykuły: Tóth Kálmán i Mándi Andor. Obecne zagadnienia w kolejnictwie elektrycznym na Węgrzech. Dr Fürst László. Środki telekomunikacyjne przy współpracy elektrowni. Pálos Ferenc. Obecne zagadnienia elektryfikacji Budapesztu. Istvánffy Edwin. Filtry kryształowe. Gregor Aledar. Reorganizacja elektryfikacji Węgier.

CENTRALNY ZARZĄD PRZEMYSŁU ELEKTROTECHNICZNEGO

STATYSTYKA PRZEMYSŁU ELEKTROTECHNICZNEGO

Styczeń - marzec 1947 r.

Zjednoczenie Przemysłu	Liczba zakładów prod.	Liczba zatrudnionych: przy produkcji: fizyczn.	umysł.	razem	przy odbud., inwest. i inn. nieprodukc.	uczniów	ogółem	Produkcja: waga w t	wartość produkcji w tys. zł wg cen 1937 r.	1947 r.
Styczeń										
Maszyn Elektrycznych	15	2392	691	3083	280	599	3962	179,8	1458,4	56183,3
Aparatów Elektrycznych	17	2529	869	3398	421	379	4198	147,0	1434,9	62385,7
Kabli i Przewodów	7	2320	556	2876	630	120	3626	1287,3	4218,2	151648,—
Ogniw i Akumulatorów	11	1273	265	1538	46	15	1599	327,4	1165,0	37431,—
Lamp i Żarówek	2	610	103	713	2	—	715	16,7	888,0	20892,—
Teletechnicznego	5	417	186	603	17	41	661	12,2	336,5	13683,4
Radiotechnicznego	8	764	375	1139	188	42	1369	22,3	393,1	17006,—
Razem	65	10305	3045	13350	1584	1196	16130	1992,7	9894,1	359229,4
Luty										
Maszyn Elektrycznych	15	2532	748	3280	308	613	4201	202,1	1506,5	61725,3
Aparatów Elektrycznych	17	2660	898	3558	399	386	4343	149,4	1474,3	63763,2
Kabli i Przewodów	7	2518	566	3084	565	121	3770	1339,5	4753,1	158118,8
Ogniw i Akumulatorów	11	1294	261	1555	52	16	1623	316,1	1140,4	34758,1
Lamp i Żarówek	2	613	107	720	2	—	722	15,8	891,3	20074,9
Teletechnicznego	5	384	197	581	45	42	668	12,1	443,1	14608,5
Radiotechnicznego	8	774	373	1147	160	30	1337	17,7	341,9	12509,0
Razem	65	10775	3150	13925	1531	1208	16664	2052,7	10550,6	365557,8
Marzec										
Maszyn Elektrycznych	17	2636	779	3415	280	640	4335	230,3	1723,3	71617,6
Aparatów Elektrycznych	17	2876	934	3810	473	387	4670	187,4	1696,4	79231,8
Kabli i Przewodów	7	2722	584	3306	407	125	3838	1653,5	5045,0	182985,1
Ogniw i Akumulatorów	12	1312	270	1582	60	14	1656	334,5	940,4	27931,0
Lamp i Żarówek	2	644	112	756	2	—	758	23,2	1286,9	28104,3
Teletechnicznego	5	427	216	643	47	42	732	13,7	451,7	16380,4
Radiotechnicznego	8	745	354	1099	133	22	1254	15,0	322,4	13447,9
Razem	68	11362	3249	14611	1402	1230	17243	2457,6	11466,1	419698,1



Uwaga 1.
Wykresy powyższe oznaczają łącznie dla wszystkich przemysłów:

A wartość produkcji w mln. zł według cen z 1937 r.

B liczbę zatrudnionych w produkcji (fizyczn. i umysł.) tzn. bez zatrudnionych przy odbudowie i inwestycjach, bez innych nieprodukcyjnych i bez uczniów.

C wagę produkcji w tys. ton.

Uwaga 2.
Podane w tablicy wagi dla żarówek i lamp obejmują następujące ilości tych przedmiotów:

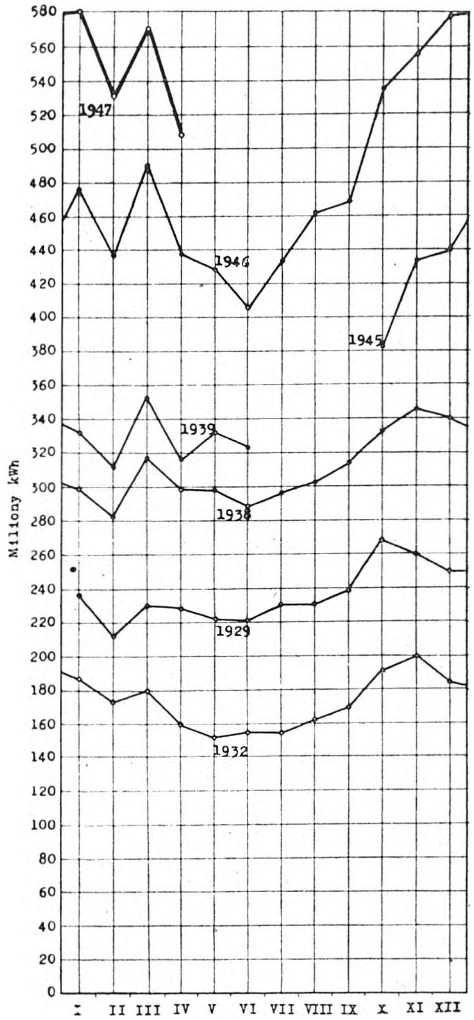
styczeń	716,9	tys. szt.,
luty	665,3	„ „
marzec	743,7	„ „

Przy ustaleniu liczby żarówek przyjęto, że 3 żarówki karzełkowe = 1 żarówka normalna.

CENTRALNY ZARZĄD ENERGETYKI

STATYSTYKA ELEKTRYCZNA

obejmująca elektrownie o mocy instalowanej ponad 1 000 kW



Rok 1947

Miesiące	Marz.	Kwiec.	Stycz.-Kwiec.
Razem I + II			
Wytwórczość (10^3 kWh)	570 728	507 936	2 190 394 (100%)
Liczba uwzględnionych zakładów	232	232	
Wzrost wytwórczości w stosunku do tego samego okresu w 1946 r. (%)	+16,3	+ 16,1	+ 18,9
Moc instal. 232 zakładów (10^3 kW)	2 201	2 218	
I. Elektrownie zawodowe			
Wytwórczość (10^3 kWh)	361 619	313 525	1 375 351 (62,8%)
Liczba uwzględnionych zakładów	97	97	
Wzrost wytwórczości w stosunku do tego samego okresu w 1946 r. (%)	+19,4	+ 17,3	+ 21,9
Moc instal. 97 zakładów (10^3 kW)	1 153	1 170	
II. Elektrownie niezawodowe			
Wytwórczość (10^3 kWh)	209 109	194 411	815 043 (37,2%)
Liczba uwzględnionych zakładów	135	135	
Wzrost wytwórczości w stosunku do tego samego okresu w 1946 r. (%	+ 11,3	+ 14,2	+ 13,9
Moc instal. 135 zakładów (10^3 kW)	1 048	1 048	
Podział wytwórczości:			
Kopalnie węgla (10^3 kWh)	114 356	105 188	450 135 (20 5%)
Huty "	18 314	18 851	76 125 (3,5%)
Fabryki chemiczne "	38 793	32 358	142 305 (6,5%)
Fabryki włókiennicze "	10 405	9 518	42 728 (2,0%)
Cukrownie "	680	319	4 545 (0 3%)
Papiernie "	12 999	12 807	49 102 (2,2%)
Cementownie "	8 382	11 172	29 615 (1,3%)
Pozostałe zakłady przemysłowe "	5 180	4 198	20 488 (0,9%)

Moc instalowana zakładu jest to suma znamionowych mocy (na zaciskach generatorów) w zespołach prądotwórczych zdolnych do ruchu.

Liczba pracowników w kwietniu 1947 r. w zakładach objętych statystyką

Miejsce zatrudnienia	Razem I i II			I. Elektrownie zawod.			II. Elektrownie niezaw.		
	Wytw.	Admin.	Razem	Wytw.	Admin.	Razem	Wytw.	Admin.	Razem
W elektrowni	15 401	5 714	21 115	10 152	5 328	15 480	5 249	386	5 635
Na sieci	4 905	1 139	6 044	3 726	1 091	4 817	1 179	48	1 227
Razem	20 306	6 853	27 159	13 878	6 419	20 297	6 428	434	6 862

Krajowy przemysł elektrotechniczny na Targach Poznańskich

26. IV — 4. V. 1947 r.

Dorobek dwuletniej gospodarki przemysłu elektrotechnicznego był pokazany na Targach poznańskich na stoisku Centralnego Zarządu Przemysłu Elektrotechnicznego.

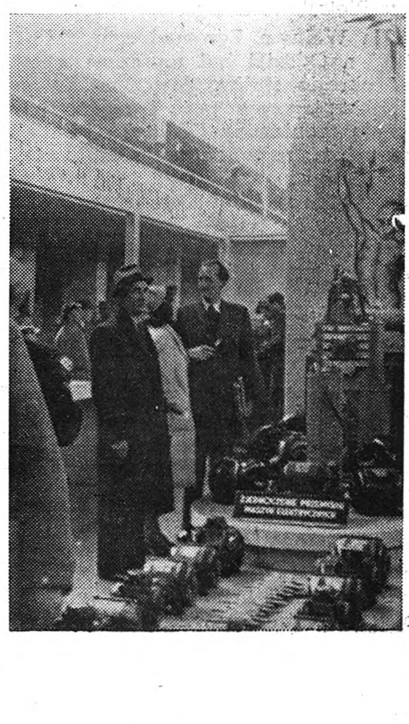
Przemysł maszyn elektrycznych. Reprezentowały go eksponaty fabryk: M — 4 Bielsko. dawniej G. Schwabe, silniki od 0,5 do 7 kW; M— 3 Łódź, dawn. Elektrobudowa, elektryczne spawarki; M—5 Mikołów, transformatory do 50 kVA i 6 kV.

Przemysł aparatów elektrycznych. Pierwsza Państwowa Fabryka Aparatów, dawn. Szpotański, pokazała z apartów elektrycznych wysokiego napięcia wyłącznik na 30 kV oraz transformator pomiarowy.

Zakłady ERA we Włochach k. Warszawy wystawiły przyrządy pomiarowe: woltomierze, amperomierze i miliamperomierze.

Świdnicka fabryka liczników i zegarów elektrycznych wystawiła komplet zsynchronizowanych zegarów z centralnym zegarem matką i siecią zegarów wtórnych. Są to komplety, obsługujące stacje kolejowe, dworce portowe, wielkie zakłady i biura. Wystawiono prócz tego zwykłe zegary elektryczne zasilane z sieci elektrycznej, jak również automaty zegarowe do regulacji pracy, maszyn i oświetlenia. Fabryka świdnicka jest jedyną fabryką w Polsce, produkującą liczniki elektryczne.

Stoisko przemysłu maszyn elektrycznych na Targach Poznańskich 1947 r.



Elektromedycyna reprezentowana była przez wytwórnię „Elektrosan" w Łodzi, która wystawiła pantostat. W dziedzinie sprzętu elektromedycznego pracuje również Pierwsza Państw. Fabryka Aparatów Elektr., która wyrabia głowice do aparatów rentgenowskich, wkrótce zaś wypuści całkowicie wykonane w kraju (poza lampami) aparaty rentgenowskie.

Fabryka Przekaźników i Specjalnych Aparatów Elektrycznych w Świebodzicach wystawiła efektowne urządzenia elektrotechniki teatralnej, a więc ściemniacze i oporniki do wywoływania efektów świetlnych, burz, wschodów i zachodów słońca itp.

Przemysł kabli i przewodów. Wystawiono wzory kabli, linek, przewodów, sznurów, drutów itp. zarówno silnoprądowych, jak i teletechnicznych.

Przemysł akumulatorów i ogniw. Fabryki „Centra" w Poznaniu oraz „Daimon" w Gdańsku i Starogardzie wystawiały na Targach baterie suche, ogniwa i akumulatory do urządzeń sygnalizacyjnych.

Przemysł lamp elektrycznych. Obie polskie fabryki „Osram" (w Pabianicach) i „Helios" (w Katowicach) wystawiły komplet żarówek do 1000 W łącznie z żarówkami karzełkowymi i świecowymi. Mimo ciężkich przeszkód w zakresie dostaw surowcowych produkcja żarówek w Polsce uległa wzmożeniu. „Osram" pracuje na dwie zmiany.

Przemysł teletechniczny. Wystawiono część urządzeń sygnalizacyjnych o napędzie elektrycznym (semafor kolejowy do nastawni elektrycznej wraz ze zwrotnicą) Państwowej Fabryki w Wełnowcu, dawn. „Ericsson". Szczupłość miejsca nie pozwoliła pokazać zastosowania tych urządzeń, jak np. pracy zwrotnicy automatycznej, samoczynnej blokady odcinków kolejowych itp.

Przemysł radiotechniczny. Wystawiono aparaty radiowe 3-lampowe plus prostownicza dwuobwodowe na 4 zakresy, aparat do badania lamp radiowych, głośniki oraz oscylograf katodowy. Ten dział produkcji obejmuje również patefony elektryczne.

Jeżeli Targi Poznańskie oceniać jako wystawę i przegląd dorobku naszej dwuletniej gospodarki, to elektrotechnika wykazała swą żywotność i rozległy zakres produkcji, ogarniającej potrzeby wszystkich dziedzin życia przemysłowego, jakkolwiek szczupłość miejsca nie pozwoliła na pokazanie całości zakresu produkcyjnego nawet w skali przykładowej.

Jeżeli natomiast wystawę traktować jako targi, to należy stwierdzić dużą frekwencję zagranicznych gości-importerów, intersujących się naszą produkcją.

M. R.

Uzupełnienie dorocznych sprawozdań oddziałów S.E.P.*)

ODDZIAŁ SZCZECIŃSKI

Na zebraniu organizacyjnym 24. 4. 46 r. wybrano zarząd tymczasowy w składzie: prezes kol. Słomiński Jan, sekretarz kol. Binder Piotr, skarbnik kol. Bronikowski Stefan. W krótkim czasie kol. Bindera zastąpił kol. Meyer Jan.

Walne zebranie Oddziału odbyło się w dn. 19. IX. 1946 r. Na zebraniu tym uchwalono przystąpienie Oddziału do lokalnej ekspozytury NOT, tj. Stowarzyszenia Inżynierów i Techników w Szczecinie. Dokooptowano następnie do Zarządu Oddziału kol. Gładysza Witolda w charakterze skarbnika na miejsce kol. Bronikowskiego, który opuścił Szczecin.

W dn. 29. X. 46 r. odbyło się następne walne zebranie Oddziału, na którym zatwierdzono opracowany przez zarząd regulamin Oddziału. Jednocześnie przeprowadzono wybory uzupełniające do władz Oddziału. Ostateczny ich skład jest następujący: prezes Słomiński Jan, zast. prezesa Stiasny Zbigniew, sekretarz Meyer Jan, skarbnik Gładysz Witold, referent odczyt. Mitkiewicz Roman; komisja rewizyjna: Sielski Adam, Zdralewicz Michał, Binder Piotr; komisja szkolnictwa elektr.: Sielski Adam, Binder Piotr.

Na Walnym Zgromadzeniu SEPu w Łodzi we wrześniu 1946 r. Oddział był reprezentowany przez 8-miu kolegów. W okresie sprawozdawczym Zarząd odbył 7 posiedzeń. Z ważniejszych prac zarządu należy wymienić: opracowanie regulaminu Oddziału, załatwienie formalności związanych z rejestracją Oddziału u władz administracyjnych, opracowanie regulaminów i statutów projektowanego gimnazjum elektrotechnicznego. Wychodząc z założenia, że na terenie Pomorza Zachodniego konieczne jest zorganizowanie uczelni, kształcącej monterów-elektryków, Oddział podjął inicjatywę zorganizowania gimnazjum zawodowego elektrycznego 3-letniego. Wysiłki Zarządu w tym kierunku nie dały, niestety, pożądanych rezultatów, głównie dla braku funduszów.

W okresie sprawozdawczym został zorganizowany jeden odczyt w dniu 19. IX. 46 r. pt. „Elektryfikacja Pomorza Zachodniego". Wygłosił go kol. Słomiński Jan. Obecnych było 50 osób.

Oddział liczy 30 członków.

*) Por. PE, 1947, z. 3/4, str. 125-128.

ZMIANA ADRESU ODDZIAŁU ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO

Nowy adres brzmi: Katowice, Stawowa 13 (zamiast poprzedniego: Katowice, 3 Maja 9).

S. E. P. KOMUNIKATY

Kandydatury na członków SEPu. W myśl § 10 statutu SEPu ogłasza się następującą listę kandydatów na członków zwyczajnych Stowarzyszenia:

ODDZIAŁ ŁÓDZKI

Held Józef, Łódź, Traugutta 6, Hotel Savoy
Maksiejewski Janusz Lechosław, Łódź, Mostowa 17a
Sochor Bronisław, Łódź, Armii Ludowej 7, m. 5
Wolnicki Wacław, Piotrków Tryb., Mickiewicza 26, m. 1

ODDZIAŁ OPOLSKI

Berezowski Stanisław, Nysa, Lwowskich Orląt 44
Jaryszkin Piotr, Nysa, Lwowskich Orląt 22
Kałaciak Mieczysław, Witów k. Nysy, Elektrownia
Matus Bolesław, Paczków, Pocztowa 13
Pająk Józef, Nysa, Zakrzów 107
Śmietanka Tadeusz, Nysa, Żwirki i Wigury 9

ODDZIAŁ SZCZECIŃSKI

Bollman Ludwik, Szczecin, Traugutta 4
Latosiński Tadeusz, Szczecin, Pocztowa 1a, m. 4
Mayer Lech, Szczecin, Szarotki 3, m. 6
Pawlucki Roman, Kamień Pomorski, Chrobrego 4
Siemaszko Jan, Szczecin, Śląska 42

ODDZIAŁ WARSZAWSKI

Kłossowski Wiesław, Warszawa, pl. Narutowicza 5, p. 389
Komenda Kazimierz, Warszawa, Leszno 73, m. 16
Krakowiak Stanisław, Wołomin, Trakt Warszawski 58, m. 7
Krauss Janusz, Warszawa, Wspólna 54a, m. 37
Makowski Zbigniew, Warszawa, Czerwonego Krzyża 9, m. 8
Marczewski Tadeusz Wilhelm, Warszawa, Kozietulskiego 6, m. 6
Minorski Sergiusz, Warszawa, Filtrowa 73, m. 4

ODDZIAŁ ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO

Baliś Ludwik, Katowice, Graniczna 10
Duda Józef, Borowniki k. Będzina, 11 Listopada 35
Dzidowski Marian, Gliwice, Lwowska 27
Grzelak Franciszek, Chorzów-Batory, 16 Lipca 25
Jutsz Eryk, Gliwice, Wolskiego 9, m. 6
Kempa Wincenty, Katowice, Sobieskiego 6
Kocur Alfred, Katowice, Kościuszki 54
Kotna Andrzej, Chorzów-Batory, Armii Czerwonej 121
Olszówka Henryk, Katowice-Ligota, Kłodnicka 69
Ponikowski Piotr, Gliwice, Dąbrowskiego 21, m. 9
Prażmowski Kazimierz, Sosnowiec, Bracka 5b
Respodek Wilhelm, Gliwice, św. Urbana 4
Starnowski Kazimierz, Zabrze, Wolności 418
Sztwiertnia Władysław, Łaziska-Średnie, Stary Zakład 9
Warchoł Stanisław, Rybnik, Ligonia 4
Żmuda Zbigniew, Zabrze, Wolności 307

Dokończenie słownictwa Kolejnictwa Elektrycznego (por. PE, 1946, z. 2, str. 71 i PE, 1947, z. 1-2, str. 60)

6 **tabor techniczny**
matériel roulant technique
technische Wagen

7 **tabor ratunkowy**
matériel roulant de secours
Rettungswagen

8 **pojazd elektryczny**
véhicule électrique
elektrisches Fahrzeug

9 **dźwig elektryczny**
ascenseur électrique
elektrischer Aufzug

10 **schody ruchome**
escalier roulant
Rolltreppe

11 **prom elektryczny**
transbordeur électrique
elektrische Fähre

12 **samochód elektryczny**
automobile électrique
elektrischer Kraftwagen

13 **elektrobus akumulatorowy**
omnibus automobile électrique
elektrischer Omnibus mit Akkumulatorenbetrieb, Elektrobus

14 **elektrobus (sieciowy), trolejbus**
trolleybus
Oberleitungsomnibus, Obus

15 **ciągnik, traktor**
tracteur automobile
Traktor, Zugwagen

16 **lokomotywa elektryczna**
locomotive électrique
elektrische Lokomotive

17 **lokomotywa manewrowa, przetokowa**
locomotive de maneuvre
Verschiebelokomotive

18 **lokomotywa z liną pociągową**
locomotive à treuil
Lokomotive mit Seilwinde

19 **lokomotywa z rozwijanym kablem**
locomotive à tambour dévidoir
Lokomotive mit abrollbarem Leitungskabel

20 **lokomotywa kopalniana**
locomotive du fond
Grubenlokomotive

21 **lokomotywa fabryczna**
locomotive d'atelier
Fabriklokomotive

22 **lokomotywa towarowa**
locomotive à marchandises
Güterzuglokomotive

23 **lokomotywa pośpieszna**
locomotive à grande vitesse
Schnellzuglokomotive

24 **lokomotywa osobowa**
locomotive à voyageurs
Personenzuglokomotive

25 **lokomotywa jednoczłonowa**
locomotive simple
einteilige Lokomotive

26 **lokomotywa wieloczłonowa**
locomotive articulée
Gelenklokomotive

27 **wagon silnikowy**
automotorice
Triebwagen

28 **wagon silnikowy sieciowy**
automotorice alimentée
Netzleitungstriebwagen

29 **wagon silnikowy szybkobieżny**
automotorice à grande vitesse
Schnellbahntriebwagen

30 **wagon silnikowy tramwajowy**
(voiture) motorice de tramway
Strassenbahntriebwagen

31 **wagon doczepny**
(voiture) remorque
Beiwagen

32 **wagon rozrządczy**
remorque à cabine
Steuerwagen

33 **wagon czołowy**
voiture de tête
Kopfwagen

34 **wagon końcowy**
voiture de queue
Schlusswagen

35 **wagon wielopojemny**
voiture à grande capacité
Grossraumwagen

36 **wagon piętrowy**
voiture à impérial
Decksitzwagen

37 **wagon przegubowy**
voiture articulée
Gelenkwagen

38 **wagon z obsługą jednoosobową**
voiture à un agent
Einmannwagen

39 **wagon z obsługą dwuosobową**
voiture à deux agents
Zweimannwagen

40 **wagon z wejściem środkowym**
voiture avec entrée centrale
Wagen mit Einstieg in der Mitte

41 **wagon z obniżonym pomostem**
voiture à plateforme surbaissée
Niederflurwagen

B. CZĘŚĆ MECHANICZNA — Partie mécanique — Mechanischer Teil

a) Pudło pojazdu — Caisse de voiture — Fahrzeugkasten

42 **Przedział maszynowy**
cabine de machines
Maschinenraum

43 **przedział motorowego (maszynisty)**
cabine de conduite
Führerstandraum

44 **stoisko motorowego (maszynisty)**
poste du machiniste
Führerstand

45 **stołek motorowego (maszynisty)**
siège de mécanicien
Führersitz

46 **przedział osobowy**
compartiment pour voyageurs
Personenabteil

47 **przedział bagażowy**
compartiment des bagages
Gepäckraum

48 **pomost**
plate-forme
Plattform

49 **pomost otwarty**
plate-forme ouverte
offene Plattform

50 **pomost zamknięty, obudowany**
plate-forme fermée
geschlossene Plattform

51 **przejście środkowe**
couloir central
Mittelgang

52 **przejście boczne**
couloir latéral
Seitengang

53 **ostojnica**
longeron
Längsträger

54 **szkielet pudła, więźba pudła**
carcasse de la caisse
Kastengerippe

55 **szkielet drewniany, więźba drewniana pudła**
carcasse en bois de la caisse
Holzkastengerippe

56 **szkielet metalowy, więźba metalowa**
carcasse métallique de la caisse
Metallkastengerippe

57 **przycieś (przy pudłach drewnianych), rama dolna**
cadre inférieur
Unterrahmen

58 **rama górna**
cadre du toit
Oberrahmen

59 **wysięg pudła**
porte à faux
Überhang

60 **słupek narożny**
montant cornier
Ecksäule

61 **słupek przyokienny**
montant de fenêtre
Fenstersäule

62 **kolumienka pomostowa**
colonne de plate-forme
Plattformsäule

63 **ściana czołowa**
paroi d'about
Stirnwand

64 **ściana boczna**
paroi latérale
Seitenwand

65 **przepierzenie**
cloison
Trennwand

66 **osłona pomostowa**
garde-corps de la plate-forme
Plattformblech

67 **dach świetlikowy**
toit à lanterneau
Dach mit Oberlichtaufbau

68 **dach beczkowy**
toit voûté, surhaussé
Tonnendach

69 **chodnik dachowy, ława dachowa**
passerelle de toit
Dachlaufbrett

70 **stopień**
marchepied
Trittbrett

71 **podłoga**
plancher
Fussboden

72 **kratka (podłogowa)**
grille de lattes
Lattenrost

73 **pokrywa (w podłodze)**
trappe de plancher
Bodenklappe

74 **drzwi**
porte
Tür

75 **drzwi wejściowe**
porte d'entrée
Eingangstür

76 **drzwi wyjściowe**
porte de sortie
Aussteigetür

77 **drzwi obrotowe, ćwierćobrotowe**
porte à charnières
Drehtür

78 **drzwi wahadłowe, półobrotowe**
porte pivotante
Pendeltür

79 **drzwi łamane**
porte pliante
Falttür

80 **drzwi przesuwane**
porte coulissante
Schiebetür

81 **drzwi zsuwne**
portes coulissantes doubles
doppelte Schiebetür

82 **drzwi zsuwne teleskopowe**
porte coulissante à télescope
Teleskoptür

83 **okno wagonowe**
fenêtre de la voiture
Wagenfenster

84 **okno przesuwne**
fenêtre coulissante
Schiebefenster

85 **okno opuszczane**
fenêtre glissante
herablassbares Fenster

86 **okno nieruchome**
fenêtre fixe
festes Fenster

87 **szyba okienna**
glace de fenêtre
Fensterscheibe

88 **rama okienna**
châssis de fenêtre
Fensterrahmen

89 **siedzenie drewniane, twarde**
siège en bois, siège dur
Holzsitz

90 **siedzenie wyściełane, miękkie**
siège rembourré
Polstersitz

91 **siedzenie opuszczane**
strapontin
Klappsitz

92 **ławka poprzeczna**
banquette transversale
Querbank

93 **ławka podłużna**
banquette longitudinale
Längsbank

94 **oparcie przerzutowe**
dossier rabattable
umklappbare Sitzlehne

95 **obicie zewnętrzne**
revêtement extérieur
äussere Wandbekleidung

96 **wyłożenie wewnętrzne, wykładzina**
revêtement intérieur
innere Wandbekleidung

97 **wyposażenie pudła**
équipement de la caisse
Ausrüstung des Wagenkastens

98 **okucia**
garnitures
Beschläge

99 **siatka bagażowa**
filets à bagages
Gepäcknetz

100 **uchwytka**
poignée de retenue
Haltegriff

101 **poręcz**
rampe
Geländer

102 **rączka**
poignée
Handgriff

103 **okienko biletowe**
guichet
Zahlschieber

104 **skrzynka narzędziowa**
coffre à outils
Werkzeugkasten

b) Urządzenia różne — Dispositifs divers — Verschiedene Einrichtungen

105 **wskaźnik kierunkowy**
indicateur de direction
Fahrtrichtungszeiger

106 **tablica szlakowa**
table d'itinéraire
Linienführungstafel

107 **tablica czołowa**
plaque frontale
Zielschild

108 **tablica boczna**
plaque latérale
Seitenschild

109 **ścierak szyb**
essuie-glace
Scheibenwischer

110 **nastawiak (zwrotnicy)**
tige (d'aiguille)
(Weichen-) Stelleisen

111 **dzwonek sygnałowy**
cloche de signal
Signalglocke

112 **dzwonek ostrzegawczy**
cloche d'alarme
Warnungsglocke

113 **czasza dzwonka**
timbre de la cloche
Glockenschale

114 **pedał dzwonkowy**
pédale du timbre
Glockentritt

115 **urządzenie wentylacyjne**
dispositif d'aération
Belüftungseinrichtung

116 **urządzenie wyciągowe**
aspirateur
Sauger

117 **sprzęgło**
attelage
Kupplung

118 **trzon sprzęgłowy**
chainon
Kuppeleisen

119 **trzpień do zagważdżania**
cheville d'accouplement
Einsteckbolzen

120 **urządzenie przeciwzderzeniowe**
appareil de choc
Stossvorrichtung

121 **taran**
barre de choc
Rammbohle

122 **zderzak**
tampon (de choc)
Puffer

123 **głowica zderzaka**
tête de tampon
Pufferkopf

124 **talerz zderzaka**
disque de tampon
Pufferteller

c) Urządzenia bezpieczeństwa i hamulce — Dispositifs de sûreté et freins — Sicherheits- u. Bremseinrichtungen

125 **odgarniacz**
chasse-corps
Bahnräumer

126 **kosz chwytny**
ramasse-corps
Fangkorb

127 **piasecznica**
sablière
Sandverstreuvorrichtung

128 **rączka piasecznicy**
poignée de la sablière
Sandstreuhebel

129 **skrzynka do piasku**
boîte à sable
Sandkasten

130 **piasecznica powietrzna**
sablière pneumatique
pneumatischer Sandstreuer

131 **dysza wydmuchowa (piasecznicy)**
tuyère de sablage
Sandstreudüse

132 **urządzenie hamulcowe**
appareils de freinage
Bremseinrichtungen

133 **hamulec roboczy**
frein de service
Betriebsbremse

134 **hamulec bezpieczeństwa**
frein d'urgence
Notbremse

135 **hamulec zespolony**
frein continu
durchgehende Bremse

136 **hamulec samoczynny**
frein automatique
selbsttätige Bremse

137 **hamulec klockowy**
frein à sabots
Klotzbremse

138 **klocek hamulcowy**
sabot de frein
Bremsklotz

139 **obsada klockowa**
porte-sabot de frein
Bremsklotzhalter

140 **zespół dźwigni (hamulcowych)**
timonerie (de frein)
Bremsgestänge

141 **urządzenie nastawcze (klocków hamulcowych)**
dispositif de réglage (des sabots de frein)
Bremsklotzstellvorrichtung

142 **hamulec taśmowy**
frein à ruban
Bandbremse

143 **hamulec bębnowy**
frein à tambours
Trommelbremse

144 **hamulec tarczowy**
frein à disques
Scheibenbremse

145 **hamulec kleszczowy**
frein à tenailles
Zangenbremse

146 **hamulec kolankowy**
frein à genouillères
Kniehebelbremse

147 **szczęka hamulcowa**
machoire de frein
Bremsbacke

148 **hamulec nawirnikowy**
frein sur induit
Getriebebremse

149 **hamulec szynowy**
frein sur rail
Schienenbremse

150 **łyżwa hamulcowa**
patin de frein
Bremsschlitten

151 **hamulec ręczny**
frein à main
Handbremse

152 **hamulec śrubowy**
frein à vis
Spindelbremse

153 **hamulec łańcuchowy**
frein à chaîne
Kettenbremse
154 **pokrętło hamulcowe**
volant du frein
Bremshandrad
155 **korba hamulcowa**
manivelle du frein
Bremskurbel
156 **grzechotka hamulcowa**
rochet du frein
Bremsratsche
157 **wrzeciono hamulcowe**
broche du frein
Bremsspindel
158 **łańcuch hamulcowy**
chaîne du frein
Bremskette
159 **krążek łańcuchowy (hamulca)**
poulie à chaîne (du frein)
Bremskettenrolle
160 **kółko zapadkowe hamulca**
roue à rochet du frein
Bremssperrad
161 **zapadka**
rochet d'arrêt
Sperrklinke
162 **hamulec próżniowy**
frein à vide
Vacuumbremse
163 **hamulec powietrzny ciśnieniowy**
frein à air comprimé
Druckluftbremse
164 **hamulec powietrzny jednokomorowy**
frein pneumatique à une seule [chambre
Einkammerluftbremse
165 **hamulec powietrzny dwukomorowy**
frein pneumatique à deux cham- [bres
Zweikammerluftbremse
166 **cylinder powietrzny hamulcowy**
cylindre à frein
Bremsluftzylinder
167 **zbiornik powietrzny**
conduit d'air
Luftbehälter
168 **przewody powietrzne**
tubulure d'air
Luftleitungen
169 **pompa powietrzna**
pompe à air
Luftpumpe
170 **zawór hamulcowy maszynisty**
robinet de frein du mécanicien
Führerbremsventil
171 **hamulec elektryczny**
frein électrique
elektrische Bremse
172 **hamulec elektromagnetyczny**
frein électromagnétique
elektromagnetische Bremse
173 **hamulec elektromagnetyczny szynowy**
frein électromagnétique sur rail
elektromagnetische Schienenbremse
174 **hamulec solenoidowy**
frein à solenoide
Solenoidbremse
175 **hamulec elektropneumatyczny**
frein électro-pneumatique
elektro-pneumatische Bremse

d) **Zawieszenie pudła. Maźnice** — Suspension de la caisse. Boîtes à graisse — Wagenaufhängung. Achslager

176 **zawieszenie wahadłowe**
suspension pendulaire
pendelnde Aufhängung
177 **resor**
ressort de suspension
Tragfeder
178 **resor płaski**
ressort à lames
Blattfeder
179 **strzałka (ugięcia)**
flèche
Pfeilhöhe
180 **opaska resorowa**
bride de ressort
Federbund
181 **pióro resorowe**
lame de ressort
Federblatt
182 **wahacz**
balancier compensateur
Ausgleichhebel
183 **resor spiralny**
ressort hélicoïdal
Spiralfeder
184 **wieszak resorowy**
support de ressort
Federblock
185 **wieszadło resora płytkowe**
suspension de ressort à jumelles
Laschenfedergehänge
186 **wieszadło resora oczkowe**
suspension de ressort à anneaux
Ösenfedergehänge
187 **maźnica**
boîte à graisse
Schmierbüchse
188 **łożysko kulkowe**
palier à billes
Kugellager
189 **łożysko wałeczkowe**
palier à roulaux
Rollenlager
190 **łożysko ślizgowe**
palier à coussinets lisses
Gleitlager
191 **uszczelka**
joint
Dichtung
192 **poduszka maźnicza**
tampon de graissage
Schmierpolster
193 **panewka**
coussinet
Lagerschale

e) **Podwozie** — Châssis — Wagenuntergestell

194 **poprzecznica**
entretoise transversale
Querstrebe
195 **ukośnica**
entretoise diagonale
Schrägstrebe
196 **wózek zwrotny**
bogie
Drehgestell
197 **rama wózka**
châssis de bogie
Drehgestellrahmen
198 **widły maźnicze**
plaque de garde
Achsengabel
199 **wózek dwuosiowy**
bogie à deux essieux
zweiachsiges Drehgestell
200 **zestaw kołowy**
train de roues
Radsatz
201 **oś**
essieu
Achse
202 **oś drążona**
arbre creux
Hohlachse
203 **układ osi**
disposition des essieux
Achsenanordnung
204 **rozstaw osi**
empattement des essieux
Achsstand
205 **osie stałe**
essieux rigides
steife Achsen
206 **osie ruchome**
essieux convergents
Lenkachsen
207 **osie przesuwne**
essieux à jeu transversal
verschiebbare Achsen
208 **oś ustawna**
essieu radiant
einstellbare Achse
209 **oś kierowana**
essieu dirigé
gesteuerte Achse
210 **oś kierownicza**
essieu pilote
Steuerachse
211 **dyferencjał, różnia osiowa**
appareil différentiel
Differentialgetriebe
212 **czop osi**
fusé de l'essieu
Achsschenkel
213 **podpiaście (miejsce osadzenia piasty)**
portée de calage du moyeu
Nabensitz
214 **koło**
roue
Rad
215 **koło tarczowe**
roue à disque
Scheibenrad
216 **koło sprężyste**
roue élastique
federndes Rad
217 **koło szprychowe**
roue à rayon
Speichenrad
218 **obręcz koła**
bandage de roue
Radreifen
219 **obrzeże (obręczy)**
boudin
Spurkranz
220 **powierzchnia toczna koła**
surface de roulement
Radlauffläche
221 **gwiazda koła**
centre de roue
Radstern
222 **piasta**
moyeu
Radnabe
223 **sprycha**
rayon
Speiche
224 **wieniec koła**
jante de roue
Radkranz
225 **koło toczne**
roue porteuse
Laufrad
226 **koło napędne**
roue motrice
Triebrad

f) **Napęd osiowy** — Commande des essieux — Achsantrieb

227 **napęd bezpośredni**
commande directe
unmittelbarer Antrieb

228 **napęd pośredni**
commande indirecte
mittelbarer Antrieb

229 **wał ślepy**
essieu faux
Blindwelle

230 **napęd indywidualny**
commande individuelle
Einzelachsantrieb

231 **napęd zespołowy**
commande en groupes
Gruppenantrieb

232 **napęd zębaty**
commande par engrenages
Zahnradantrieb

233 **jednostronny napęd zębaty**
commande par engrenage unilatéral
einseitiger Zahnradantrieb

234 **obustronny napęd zębaty**
commande par engrenage bilatéral
zweiseitger Zahnradantrieb

235 **napęd zębaty sprężysty**
commande par engrenage élastique
federnder Zahnradantrieb

236 **przekładnia**
rapport d'engrenage
(Zahnrad-) Übersetzungsverhältnis

237 **przekładnia zębata**
engrenage
Zahnradgetriebe

238 **koło zębate dwudzielne**
roue dentée divisible
zweiteiliges Achsenzahnrad

239 **koło zębate duże (osiowe)**
roue dentée (de l'essieu)
Achsenzahnrad

240 **koło zębate małe (silnikowe)**
pignon
Ritzel

241 **osłona kół zębatych**
boîte d'engrenages
Zahnradschutzkasten

242 **napęd przegubowy**
commande à cardan
Kardanantrieb

243 **napęd korbowodowy**
commande par bielles
Stangenantrieb

244 **napęd pionowo-korbowodowy**
commande par bielles verticales
Vertikalstangenantrieb

245 **napęd skośno-korbowodowy**
commande par bielles inclinées
Schrägstangenantrieb

246 **napęd dwukorbowodowy**
commande par bielles jumelées
Zweistangenantrieb

247 **korbowód napędowy**
bielle motrice
Treibstange

248 **korbowód sprzęgowy**
bielle d'accouplement
Kuppelstange

249 **głowica korbowodu**
tête de bielle
Stangenkopf

250 **trójbok napędowy**
cadre triangulaire
Dreieckrahmen

251 **zawieszenie sprężyste silnika**
suspension élastique du moteur
federnde Motoraufhängung

252 **zawieszenie nosowe**
suspension par le nez
Nasenaufhängung

C. **CZĘŚĆ ELEKTRYCZNA — Dispositifs électriques — Elektrischer Teil.**

a) **Pojęcia charakterystyczne. Warunki działania** — Termes caractéristiques. Conditions de fonctionnement — Charakteristische Begriffe. Betriebsbedingungen.

253 **obwód główny**
circuit principal
Hauptstromkreis

254 **obwód silnikowy**
circuit de puissance
Kraftstromkreis

255 **obwód grzejny**
circuit de chauffage
Heizstromkreis

256 **obwód pomocniczy**
circuit auxiliaire
Nebenstromkreis

257 **obwód oświetleniowy**
circuit d'éclairage
Lichtstromkreis

258 **obwód oświetleniowy bezpieczeństwa**
circuit d'éclairage de sécurité
Stromkreis für Sicherheitsbeleuchtung

259 **rozrząd bezpośredni**
commande directe
unmittelbare Steuerung

260 **rozrząd pośredni**
commande indirecte
mittelbare Steuerung

261 **rozrząd nastawnikowy**
commande à combinateur
Fahrschaltersteuerung

262 **rozrząd stycznikowy**
commande à contacteurs
Schützensteuerung

263 **rozrząd posłużnikowy, serwomotorowy z nastawnikami**
commande à servo-moteurs et combinateurs
Steuerschaltung mit Servomotor

264 **rozrząd kułaczkowy z serwomotorem**
commande à arbre à cames et servomoteur
Nockenschaltwerk mit Servomotor

265 **rozrząd ukrotniony**
commande à unités multiples
Vielfachsteuerung

266 **rozrząd samoczynny (pociągów)**
équipement automatique (de traction
selbstständige (Zug-) Steuerung

267 **rozrząd półsamoczynny pociągów**
equipement semiautomatique (de traction)
halbselbsttätige (Zug-) Steuerung

268 **obwód rozrządczy**
circuit de commande
Steuerstromkreis

269 **prąd rozrządczy**
courant de commande
Steuerstrom

270 **odzysk prądu (energii)**
récuperation
Stromrückgewinnung

271 **przeciwprąd**
contre-courant
Gegenstrom

272 **regulacja prędkości**
réglage de vitesse
Geschwindigkeitsregulierung

273 **regulacja przez zmianę napięcia (napięciowa)**
réglage par variation de tension
Regulierung durch Spannungsänderung

274 **regulacja przez osłabienie pola**
réglage par affaiblissement du champ
Regulierung durch Feldschwächung

275 **regulacja opornikowa**
réglage par résistance
Widerstandsregulierung

276 **regulacja przez połączenie szeregowo-równoległe**
régulation série-parallèle
Regulierung durch Reihenparallelschaltung

277 **połączenie silników szeregowe**
connexion des moteurs en série
Reihenschaltung der Motoren

278 **połączenie silników szeregowo-równoległe**
connexion des moteurs série-parallèle
Reihenparallelschaltung der Motoren

279 **połączenie silników równoległe**
connexion des moteurs en parallèle
Parallelschaltung der Motoren

280 **przełączanie szeregowo-równoległe**
transition série- parallèle
Reihenparallelumschaltung

281 **przełączanie szeregowo-równoległe z przerwaniem prądu**
transition série-parallèle par coupure des dérivations sur le réseau
Reihenparallelumschaltung mit Leistungsunterbrechung

282 **przełączanie szeregowo-równoległe przez zbocznikowanie**
transition série-parallèle par shunt
Reihenparallelumschaltung mit Widerstandsschaltung

283 **przełączanie szeregowo-równoległe przez mostek**
transition série-parallèle par la méthode du pont
Reihenparallelumschaltung mit Brücke

284 **regulacyjne stopnie jazdy**
crans de réglage
Regulierfahrstufen

285 **przejściowe stopnie jazdy**
crans de transition
Übergangsfahrstufen

286 **gospodarne stopnie jazdy**
crans économiques
wirtschaftliche Fahrstufen

287 **szeregowe stopnie jazdy**
crans pour la marche en série
Fahrstufen in Reihenschaltung

288 **szeregowo-równoległe stopnie jazdy**
crans pour la marche en série-parallèle
Fahrstufen in Reihenparallelschaltung

289 **równoległe stopnie jazdy**
crans pour la marche en parallèle
Fahrstufen in Parallelschaltung

290 **stopnie jazdy z polem osłabionym**
crans pour la marche à champ reduit
Fahrstufen mit Feldschwächung

291 **położenie (korby) zerowe**
position de repos (de la manivelle)
(Kurbel-) Nullstellung

292 **położenie na „stój"**
position d'arrêt
Haltstellung
293 **położenie jezdne**
position de marche
Fahrstellung
294 **położenie przejściowe**
position de transition
Übergangsstellung
295 **położenie hamowne**
position de freinage
Bremsstellung
296 **położenie wsteczne**
position de marche arrière
Rückwärtsstellung
297 **hamowanie ze skrzyżowaniem wzbudzenia**
freinage avec inducteurs croisés
Bremsung mit Kreuzschaltung
298 **hamowanie elektryczne oporowe**
freinage électrique rhéostatique
elektrische Widerstandsbremsung
299 **hamowanie elektryczne przez odzysk energii**
freinage électrique par récuperation
Nutzbremsung
300 **hamowanie elektryczne przez ładowanie akumulatorów**
freinage électrique par accumulation
Speicherbremsung
301 **hamowanie elektromagnetyczne**
freinage électromagnétique
elektromagnetische Bremsung
302 **hamulec elektromagnetyczny szynowy**
frein électromagnétique à patin
elektromagnetische Schienenbremse
303 **hamulec elektromagnetyczny solenoidowy**
frein électromagnétique à solenoïde
elektromagnetische Solenoidbremse
304 **poruch ręczny**
mise en fonction à la main
Handbetätigung
305 **poruch elektromechaniczny**
mise en fonction électromécanique
elektromechanische Betätigung
306 **poruch elektromagnetyczny**
mise en fonction électromagnétique
elektromagnetische Betätigung
307 **poruch elektropneumatyczny**
mise en fonction électropneumatique
elektropneumatische Betätigung
308 **obracanie odbieraka**
faire tourner la prise de courant
Umdrehen des Stromabnehmers
309 **podnoszenie odbieraka**
élévation de la prise de courant
Anheben des Stromabnehmers
310 **opuszczanie odbieraka**
abaisser la prise de courant
Senken des Stromabnehmers
311 **odchył odbieraka (krążkowego)**
déviation du trolley
Rollenabweichung
312 **nacisk (na drut jezdny)**
pression (contre le fil)
Anpressungsdruck (auf den Fahrdraht)
313 **ogrzewanie elektryczne wagonów**
chauffage électrique des voitures
elektrische Wagenheizung
314 **oświetlenie elektryczne wagonów**
éclairage électrique des voitures
elektrische Wagenbeleuchtung
315 **oświetlenie wagonów zespołowe**
éclairage commun des voitures
durchgehende Wagenbeleuchtung
316 **oświetlenie wagonów indywidualne**
éclairage individuel des voitures
Einzelbeleuchtung von Wagen
317 **oświetlenie z prądnicy odosiowej**
éclairage par génératrice d'essieu
Achsengeneratorbeleuchtung
318 **oświetlenie wagonów akumulatorowe**
éclairage par accumulateurs
Akkumulatorenbeleuchtung

b) **Odbiór prądu** — Prise du courant — Stromabnahme

319 **odbierak prądu**
appareil de prise du courant
Stromabnehmer
320 **odbierak pałąkowy, pałąk**
archet
Bügelstromabnehmer
321 **odbierak przerzutny**
prise de courant réversible
umlegbarer Stromabnehmer
322 **pałąk samoprzerzutny**
archet automatique réversible
selbsttätig umlegbarer Bügelstromabnehmer
323 **obrotowy odbierak prądu**
prise de courant pivotante
drehbarer Stromabnehmer
324 **urządzenie zatrzaskowe**
appareil de calage
Feststellvorrichtung
325 **obsada odbieraka**
base de la prise du courant
Federbock für Stromabnehmer
326 **podstawa odbieraka**
support de la prise du courant
Stromabnehmerträger
327 **czop osi odbieraka**
pivot de la prise du courant
Stromabnehmerdrehzapfen
328 **rama rurowa odbieraka**
cadre tubulaire (de la prise du courant
(Stromabnehmer-) Rohrgestell
329 **ślizgacz**
frotteur
Schleifstück
330 **obsada ślizgacza**
sabot du frotteur
Schleifstückhalter
331 **żłobek ślizgacza (do smaru)**
rainure (de graissage)
Schmiernut
332 **długość ślizgu**
longueur de frottement
Schleiflänge
333 **linka zatrzaskowa**
corde de déclanchement
Auslöseseil
334 **urządzenie do opuszczania (odbieraka)**
dispositif d'abaissement (de la prise du courant)
Niederlegevorrichtung (des Stromabnehmers)
335 **linka pałąkowa**
corde de l'archet
Bügelleine
336 **odbierak krążkowy**
trolley
Rollenstromabnehmer
337 **odbierak krążkowy poosiowy**
trolley axial
Rollenstromabnehmer für Fahrdraht über der Gleismitte
338 **odbierak krążkowy boczny**
trolley désaxé
Rollenstromabnehmer für seitlichen Fahrdraht
339 **odbierak jednoprętowy**
prise de courant à une perche
Einstangenstromabnehmer
340 **odbierak dwuprętowy**
prise de courant à deux perches
Zweistangenstromabnehmer
341 **głowica odbieraka krążkowego**
tête de trolley
Rollenkopf
342 **pręt odbieraka krążkowego**
perche de trolley
Stromabnehmerstange
343 **krążek odbieraka**
roulette de trolley
Stromabnehmerrolle
344 **uchwyt widełkowy (krążka)**
chape de trolley
Rollenträger
345 **rowek krążka**
gorge de la roulette
Rollennut
346 **obrzeże krążka**
joue de la roulette
Rollenflansch
347 **linka odbieraka**
corde de trolley
Rollenleine
348 **podchwytnik (odbieraka krążkowego)**
rattrape (du trolley)
Kontaktstangenfänger
349 **odbierak wałkowy**
prise de courant à rouleau
Walzenstromabnehmer
350 **odbierak łyżkowy**
cuiller de contact
Muldenstromabnehmer
351 **odbierak wiciowy**
prise de courant à verge
Rutenstromabnehmer
352 **odbierak wleczony**
prise de courant remorquée
nachschleppbarer Stromabnehmer
353 **pantograf**
pantographe
Scherenstromabnehmer
354 **pałączek pantografowy**
archet-frotteur
Wippe
355 **odbierak podwójny**
double prise du courant
Doppelstromabnehmer
356 **łyżwa**
patin
Gleitschuh
357 **odbierak łyżwowy**
prise du courant à patin
Gleitschuhstromabnehmer
358 **odbierak wózkowy podziemny**
charrue de rail souterrain
Stromabnehmer für unterirdische Stromschiene

c) **Przyrządy łączeniowe i zabezpieczające** — Appareils de connexion et de protection — Schalt- u. Sicherheitsapparate

359 **odłącznik**
disjoncteur
Trennschalter
360 **odłącznik główny**
disjoncteur principal
Haupttrenner
361 **główny wyłącznik ręczny**
interrupteur principal à main
Haupthandausschalter

362 **wyłącznik uziomowy**
interrupteur de mise à la terre
Erdungsschalter

363 **ochrona przeciw przeciążeniom**
protection contre surcharge
Ueberlastungsschutz

364 **opór dodatkowy**
résistance additionelle
Vorschaltwiderstand

365 **opór ograniczający**
résistance de limitation
Begrenzungswiderstand

366 **opór stabilizacyjny, statkujący**
résistance de stabilisation
Stabilisierungswiderstand

367 **główny bezpiecznik topikowy**
(coupe-circuit à) fusible principal
Hauptschmelzsicherung

368 **główny wyłącznik samoczynny**
disjoncteur principal
Hauptselbstschalter

369 **wyłącznik samoczynny szybki**
disjoncteur à rupture brusque
Schnellselbstschalter

370 **przekaźnik odciążający**
relais de décharge
Entlastungsschutz

371 **ochrona przeciwprzepięciowa**
protection contre les surtensions
Ueberspannungsschutz

372 **ochronnik rożkowy**
parafoudre à cornes
Hörnerblitzableiter

373 **ochronnik zaworowy**
parafoudre à cathodes
Kathodenfallableiter

374 **dławik ochronny**
bobine à réactance
Drosselspule

375 **ochronnik kondensatorowy**
parafoudre à condensateur
Kondensatorableiter

376 **elektropneumatyczny przekaźnik (pompy)**
regulateur électropneumatique (d'une pompe)
Pumpenselbstschalter

377 **styk główny**
contact principal
Hauptkontakt

378 **styk pomocniczy**
contact auxiliaire
Hilfskontakt

379 **styk odrywowy**
contact de rupture
Abreisselektrode

380 **styk nieruchomy**
contact fixe
fester Kontakt

381 **styk ruchomy**
contact mobile
beweglicher Kontakt

382 **przerywanie wielokrotne**
coupure multiple
Mehrfachunterbrechung

383 **iskra otwarcia**
etincelle de rupture
Unterbrechungsfunken

384 **zdmuch iskier rożkowy**
soufflage de l'arc par cornes
Hörnerfunkenlöschung

385 **zdmuch iskier magnetyczny**
soufflage magnétique de l'arc
magnetische Funkenlöschung

386 **komora iskrowa**
cheminée de l'arc
Funkenkammer

d) Silniki trakcyjne — Moteurs de traction — Bahnmotoren

387 **silnik naosiowy**
moteur à entrainement direct
Achsmotor

388 **silnik o wale drążonym**
moteur à arbre creux
Motor mit Hohlwelle

389 **silnik przekładniowy**
moteur à entrainement indirect
Vorgelegemotor

390 **silnik o napędzie korbowodowym**
moteur à entrainement par bielle
Motor für Stangenantrieb

391 **silnik szybkobieżny**
moteur à grande vitesse
schnellaufender Motor

392 **silnik wolnobieżny**
moteur à petite vitesse
langsamlaufender Motor

393 **silnik podwoziowy**
moteur fixé au bogie
Untergestellmotor

394 **silnik łapowy**
moteur à pattes
Tatzenmotor

395 **silnik ramowy**
moteur fixé à la caisse
Gestellmotor

396 **silnik wysokoosadzony**
moteur surélevé
hochliegender Motor

397 **silnik niskoosadzony**
moteur surbaissé
tiefliegender Motor

398 **silnik bliźniaczy, podwójny**
moteur jumellé
Doppelmotor

399 **silnik potrójny**
moteur triple
Dreifachmotor

400 **silnik budowy zwartej**
moteur de construction compacte
Bahnmotor gedrängter Bauart

401 **silnik z przewietrzaniem własnym**
moteur auto-ventilé
selbstgelüfteter Motor

402 **silnik z przewietrzaniem obcym**
moteur a ventilation forcée
künstlich gelüfteter Motor

403 **silnik prądu stałego**
moteur à courant continu
Gleichstrommotor

404 **silnik szeregowy**
moteur série
Reihenschlussmotor

405 **silnik prądu zmiennego**
moteur à courant alternatif
Wechselstrommotor

406 **silnik komutatorowy**
moteur à collecteur
Kommutatormotor

407 **silnik repulsyjny**
moteur à repulsion
Repulsionsmotor

408 **kadłub**
bâti, enveloppe
Gehäuse

409 **kadłub dwudzielny**
bâti en deux pièces
zweiteiliges Gehäuse

410 **łożysko łapowe**
palier d'essieu
Tatzenlager

411 **łożysko wirnikowe**
palier d'induit
Ankerlager

412 **tarcza łożyskowa**
cadran à palier
Ankerschild

e) Transformatory — Transfor-mateurs — Transformatoren

413 **Transformator płaszczowy**
transformateur a enveloppe
Manteltransformator

414 **skrzynia transformatora**
cuve de transformateur
Transformatorgefäss

415 **transformator stopniowy**
transformateur à degrés
Stufentransformator

416 **transformator jednouzwojeniowy, autotransformator**
autotransformateur
Autotransformator, Spartransformator

417 **transformator pokrętny**
transformateur tournant
Drehtransformator

418 **transformator rozruchowy**
transformateur de démarrage
Anlasstransformator

419 **transformator główny**
transformateur principal
Haupttransformator

f) Oporniki — Résistances — Widerstände

420 **opornik rozruchowy**
résistance de démarrage
Anfahrwiderstand

421 **opornik hamulcowy**
résistance de freinage
Bremswiderstand

422 **opornik stopniowany**
résistance à plots
Stufenwiderstand

423 **opornik drutowy**
résistance à fil
Drahtwiderstand

424 **opornik taśmowy**
résistance en bande
Bandwiderstand

425 **opornik żeliwny**
résistance en fonte
Gusseisenwiderstand

426 **dzwono opornikowe**
élément de résistance
Widerstandselement

427 **taśma oporowa**
ruban de résistance
Widerstandsband

428 **drut oporowy**
fil de résistance
Widerstandsdraht

429 **osłona opornika**
protection de la résistance
Schutzverkleidung des Widerst... [de

430 **rama opornikowa**
cadre de résistance
Widerstandsrahmen

g) Nastawniki — Combinateurs — Fahrschalter

431 **nastawnik walcowy**
combinateur à cylindre
Walzenfahrschalter

432 **nastawnik młoteczkowy**
combinateur à cames
Nockenfahrschalter

433 **nastawnik główny**
combinateur principal
Hauptfahrschalter

434 **nastawnik rozrządczy**
combinateur de commande
Steuerschalter

435 **walec główny nastawnika**
arbre principal du combinateur
Hauptschalterwalze des Fahrschalters

436 **walec odłączowy**
arbre disjoncteur
Abschaltwalze

437 **walec przełączowy**
arbre de commutation
Umschaltwalze

438 **pierścień stykowy**
bague à contacts
Kontaktring

439 **wycinek stykowy**
segment de contact
Kontaktsegment

440 **listwa palcowa**
plaque à gradins
Kontaktleiste

441 **palec stykowy**
doigt de contact
Kontaktfinger

442 **styk obrotowy**
contact glissant
Wanderkontakt

443 **styk gasikowy**
contact à soufflage
Funkenlöschkontakt

444 **styk wymienny**
contact échangeable
auswechselbarer Kontakt

445 **gasik iskrowy**
extincteur d'étincelles
Funkenlöscher

446 **cewka gasikowa**
bobine de soufflage
Funkenlöschspule

447 **przegroda przeciwiskrowa**
cloison isolée d'étincelles
Fächerplatte

448 **tarcza kułakowa**
plaque à cāmes
Kurvenscheibe

449 **nawrotnik**
inverseur de sens de marche
Richtungswender

450 **walec nawrotny**
arbre d'inversion
Fahrtwenderwalze

451 **grupownik**
combinateur de groupement
Gruppierungsschalter

452 **regulator pola, osłabnik pola**
combinateur de champ réduit
Feldschwächungsschalter

453 **korba nastawnika**
manette du combinateur
Schaltkurbel (des Fahrschalters)

454 **rączka kierunkowa**
manette de changement de marche
Richtungshebel

455 **czujnik bezpieczeństwa**
dispositif d'homme mort
Tote-Mann-Kurbel

456 **pokrętło**
volant
Schaltrad

457 **blokownik**
dispositif de verouillage
Verriegelungsvorrichtung

458 **zapadka więźna**
cliquet d'arrêt
Sperrhebel

459 **kółko zapadkowe**
disque d'arrêt
Sperrscheibe

460 **szkielet nastawnika**
carcasse du combinateur
Fahrschaltergehäuse

461 **osłona nastawnika**
couvercle du combinateur
Fahrschalterverschalung

462 **tarcza nastawnika**
cadran du combinateur
Oberplatte des Fahrschalters

463 **nastawnik położenia**
régulateur de la position
Stellungsregler

464 **samoczynny regulator prądu**
regulateur automatique du courant
selbsttätiger Stromregler

465 **przekaźnik przyśpieszenia**
relais d'accélération
Fortschaltrelais

466 **silnik rozrządczy**
moteur de commande
Steuermotor

467 **walec rozrządczy**
arbre de commande
Steuerwalze

468 **stycznik**
contacteur
Schütze

h) **Przewody elektryczne pojazdowe** — Canalisation électrique des voitures — Elektrische Wagenleitungen

469 **Przewód łaczeniowy (dwóch odbieraków)**
câble de jonction (de deux prises du courant)
(Stromabnehmer-) Verbindungsleitung

470 **kiszka kablowa**
faisceau de câbles
Kabelwurst

471 **znamionko kablowe**
fiche de câble
Kabelerkennungszeichen

472 **przewód rozrządczy**
conducteur de commande
Steuerleitung

473 **sprzęg elektryczny**
acouplement électrique
elektrische Kupplung

474 **kiszka sprzęgowa**
câble d'accouplement
Kupplungskabel

475 **puszka sprzęgowa**
boîte d'accouplement
Kupplungsdose

476 **wtycznik sprzęgowy**
fiche d'accouplement
Kupplungsstecker

477 **skrzynka przyłączowa**
boîte de raccordement
Schaltkasten

478 **sprzęgnik rozrządczy**
coupleur de commande
Steuerkupplung

479 **sprzęgnik hamulcowy**
coupleur de frein
Bremskupplung

480 **sprzęgnik oświetleniowy**
coupleur d'éclairage
Lichtkupplung

i) **Oświetlenie i ogrzewanie elektryczne pojazdów** — Eclairage et chauffage électrique des voitures — Elektrische Wagenbeleuchtung und Wagenheizung

481 **prądnica odosiowa**
génératrice d'essieu
Achsengenerator, Achsendynamo

482 **przełącznik biegunów**
inverseur de pôles
Polumschalter

483 **lampa reflektorowa**
lampe à reflecteur
Reflektorlampe

484 **lampa sygnałowa**
lampe-signal
Signallampe

485 **lampa probiercza**
lampe de contrôle
Prüflampe

486 **gniazdko (oświetleniowe) probiercze**
contact de contrôle
Prüfkontakt

487 **próbnik żarówkowy**
essayeur de lampes
Lampenprüfer

488 **piecyk wagonowy elektryczny**
radiateur électrique
elektrischer Heizkörper

489 **ogrzewacz okienny**
dispositif de chauffage de fenêtres
Scheibenerwärmer

490 **dywanik grzejny**
tapis chauffeur
Fusswärmeplatte

491 **bateria (akumulatorów) wagonowa**
batterie de traction
Fahrzeugbatterie

492 **bateria akumulatorów wymienna**
batterie d'accumulateurs échangeable
auswechselbare Speicherbatterie

493 **skrzynia bateryjna**
caisse à accumulateurs
Batteriekasten

7. UTRZYMANIE URZĄDZEŃ KOLEJOWYCH

ENTRETIEN DE L'INSTALATIONS DE CHEMINS DE FER — INSTANDHALTUNG DER BAHNEINRICHTUNGEN

A. **WARSZTATY I SPRZĘT — Ateliers et outillage — Werkstätten und Werkzeuge**

1 **warsztaty główne**
ateliers centraux
Hauptwerkstätte

2 **warsztaty lokomotywowe**
atelier pour locomotives
Lokomotivwerkstätte

3 **warsztaty wagonowe**
ateliers pour wagons
Wagenwerkstätte

4 **oddział warsztatów**
subdivision des ateliers
Werkstättenabteilung

5 **kuźnia**
forge
Schmiede

6 **odlewnia**
fonderie
Giesserei

7 **oddział tokarski**
ateliers de tours
Dreherei

8 **oddział kołowy**
ateliers de roues
Räderwerkstätte

9 **ślusarnia**
ateliers de serrurerie
Schlosserei

10 **blacharnia**
tôlerie
Blechbearbeitungswerkstätte

11 **wygotowalnia**
installation pour le nettoyage par [bouillonnement
Abkochanlage

12 **oddział montażowy**
atelier de montage
Montagewerkstätte

13 **narzędziarnia**
atelier d'outilleur
Werkzeugmacherei

14 **stolarnia**
menuiserie
Schreinerei

15 **suszarnia**
installation de séchage
Trockenanlage

16 **lakiernia**
ateliers de vernissage
Lackierwerkstätte

17 **oddział elektryczny**
ateliers électriques
elektrotechnische Werkstätte

18 **nawijalnia**
atelier de bobinage
Wickelei

19 **probiernia**
salle d'essai
Prüfraum

20 **warsztat torowy**
ateliers de la voie
Gleiswerkstätte

21 **zajezdnia**
depôt
Wagenhalle

22 **warsztaty zajezdniowe**
ateliers de depôt
Werkstätte in der Wagenhalle

23 **składy**
magasin, entrepôt
Lager

24 **urządzenia warsztatowe**
installations d'atelier
Werkstätteneinrichtungen

25 **kanał przeglądowy**
fosse de révision
Revisionsgrube

26 **stoisko podnośnikowe**
platte-forme de levage
Hebestand

27 **kozioł podnośnikowy**
chèvre
Hebebock

28 **narzędzia**
outillage
Werkzeuge

29 **sprzęt montażowy**
matériel de montage
Montagematerial

30 **wagon montażowy**
voiture de montage
Montagewagen

31 **wóz wieżowy**
chariot de montage (de la ligne [aérienne)
Turmwagen

32 **odśmieciarka (szynowa)**
wagon pour nettoyage des rails
Schienenreinigungswagen

33 **wygładzarka szynowa**
rabotteuse (pour rails)
Schienenschleifmaschine

34 **odśnieżarka**
chasse-neige
Schneepflug

35 **odśnieżarka śmigłowa**
chasse-neige centrifuge
Kreiselschneepflug

36 **solarka**
wagon à sel
Salzstreuwagen

37 **drabina przewoźna**
échelle roulante
fahrbare Leiter

38 **drabina rozsuwna**
échelle déployable
Schubleiter

39 **drążek izolacyjny, bosak**
perche isolante
Schaltstange

40 **dynamometr, siłomierz**
dynamomètre
Dynamometer

41 **próbnik złączy**
appareil d'essai de joints
Schienenstossprüfapparat

42 **skrobarka do sadzi**
grattoir du givre
Rauhreifkratzer

43 **giętarka (szyn)**
machine à cintrer (les rails)
(Schienen-) Biegemaschiene

44 **szabloniarka**
gabarit-presse pour bobines
Schablonenpresse

45 **stojak probierczy**
châssis d'essais
Prüfgestell

46 **skrobarka komutatorowa**
grattoir pour collecteurs
Glimmerfräsmaschiene

47 **odkurzarka**
aspirateur
Entstäubungsapparat

48 **suszarka**
étuve
Trockenofen

49 **toromierz**
gabarit de voie
Spurlehre

B. WARUNKI PRACY — Conditions de fonctionnement — Betriebsbedingungen

50 **przegląd główny**
relevage
Hauptuntersuchung

51 **przegląd okresowy**
révision périodique
periodische Untersuchung

52 **przegląd bieżący**
révision courante
laufende Untersuchung

53 **drużyna montażowa**
équipe de montage
Montagekolonne

54 **podciąganie drutu jezdnego**
retendage du fil de contact
Nachspannen des Fahrdrahtes

55 **luzowanie drutu jezdnego**
rélachage du fil de contact
Nachlassen des Fahrdrahtes

56 **odśnieżanie szyn**
enlèvement de la neige
Schneebeseitigung

57 **odśmiecanie żłobka szyn**
nettoyage (de la gorge) des rails
Schienenrillenreinigung

58 **usuwanie fal szynowych**
rabotage des rails ondulés
Riffelbeseitigung

59 **smarowanie**
graissage
Schmierung

60 **smarowanie smarem stałym**
graissage à graisse consistante
Starrschmierung

61 **smarowanie smarem ciekłym**
graissage à l'huile
Ölschmierung

62 **nastawianie klocków**
réglage des sabots
Nachstellen der Bremsklötze

63 **naprasowanie koła**
calage de la roue
Aufpressen eines Rades

64 **nasadzanie obręczy**
embatage des bandages
Aufziehen des Radreifens

65 **nagrzewanie obręczy**
chauffage des bandages
Radreifenerwärmung

66 **obtaczanie obręczy**
tournage des bandages
Abdrehen der Radreifen

67 **zdejmowanie obręczy**
désembatage des bandages
Abziehen der Radreifen

Termin nadsyłania uwag do powyższego słownictwa pod adresem Stowarzyszenia Elektryków Polskich (Warszawa, Przemysłowa 26) upływa 1 września 1947 r.